



SUSU DAN PRODUK OLAHANNYA

Drs. Ansari | Dr. Masdania Z., SR., M.Si.

SUSU DAN PRODUK OLAHANNYA

SUSU DAN PRODUK OLAHANNYA

Drs. Ansari
Dr. Masdania Z., SR., M.Si.



SUSU DAN PRODUK OLAHANNYA

© Penerbit Perkumpulan Rumah Cemerlang Indonesia (PRCI)

Penulis:
Drs. Ansari
Dr. Masdania Z., SR., M.Si.

Editor: Zufri Hasrudy Siregar

Cetakan Pertama: Januari 2023

Cover: Tim Kreatif PRCI

Tata Letak: Tim Kreatif PRCI

Hak Cipta 2023, pada Penulis. Diterbitkan pertama kali oleh:

Perkumpulan Rumah Cemerlang Indonesia
ANGGOTA IKAPI JAWA BARAT

Pondok Karisma Residence Jalan Raflesia VI D.151
Panglayungan, Cipedes Tasikmalaya – 085223186009

Website: www.rcipress.rcipublisher.org
E-mail: rumahcemerlangindonesia@gmail.com

Copyright © 2023 by Perkumpulan Rumah Cemerlang Indonesia
All Right Reserved

- Cet. I -: Perkumpulan Rumah Cemerlang Indonesia, 2023
Dimensi : 18,2 x 25,7 cm
ISBN: 978-623-448-432-8

Hak cipta dilindungi undang-undang
Dilarang memperbanyak buku ini dalam bentuk dan dengan
cara apapun tanpa izin tertulis dari penulis dan penerbit

Undang-undang No.19 Tahun 2002 Tentang
Hak Cipta Pasal 72

Undang-undang No.19 Tahun 2002 Tentang Hak Cipta
Pasal 72

Barang siapa dengan sengaja melanggar dan tanpa hak melakukan perbuatan sebagaimana dimaksud dalam pasal ayat (1) atau pasal 49 ayat (1) dan ayat (2) dipidana dengan pidana penjara masing-masing paling sedikit 1 (satu) bulan dan/atau denda paling sedikit Rp.1.000.000,00 (satu juta rupiah), atau pidana penjara paling lama 7 (tujuh) tahun dan/atau denda paling banyak Rp.5.000.000.000,00 (lima miliar rupiah).

Barang siapa dengan sengaja menyiarkan, memamerkan, mengedarkan, atau menjual kepada umum suatu ciptaan atau barang hasil pelanggaran hak cipta terkait sebagai dimaksud pada ayat (1) dipidana dengan pidana penjara paling lama 5 (lima) tahun dan/atau denda paling banyak Rp.500.000.000,00 (lima ratus juta rupiah).

Kata Pengantar

Syukur alhamdulillah kami ucapkan atas rampungnya penulisan buku yang kami beri judul “Susu & Produk Olahannya”.

Selawat dan salam tak lupa kami sampaikan ke haribaan Nabi akhir zaman, Muhammad SAW dan para sahabatnya. Berkat beliau kita ada dalam pencerahan hingga saat ini.

Kita tahu bahwa susu adalah makanan cair kaya nutrisi yang diproduksi oleh kelenjar susu mamalia. Ini adalah sumber nutrisi utama bagi mamalia muda, termasuk bayi manusia yang disusui sebelum mereka dapat mencerna makanan padat. Susu laktasi dini disebut kolostrum, yang mengandung antibodi yang memperkuat sistem kekebalan tubuh sehingga mengurangi risiko berbagai penyakit. Susu menyimpan banyak nutrisi lain, termasuk protein dan laktosa. Konsumsi susu antarspesies tidak jarang, terutama di antara manusia yang banyak di antaranya mengonsumsi susu mamalia lain.

Isi buku ini kami gagas dalam 23 bab, yang diawali dengan bab-1 yang membahas susu secara umum. Lalu, bab-2 kami berusaha menggambarkan tentang kimia susu. Konstituen utama susu adalah air, lemak, protein, laktosa (gula susu) dan mineral (garam). Susu juga mengandung sejumlah kecil zat lain seperti pigmen, enzim, vitamin, fosfolipid (zat dengan sifat mirip lemak), dan gas. Bab ini kami awali dengan konsep kimia dasar, lalu sifat kimia-fisika susu, dan seterusnya. Tentang kimia susu kami gambar secara luas.

Tentang mikrobiologi susu, juga tak lupa kami jelaskan dalam bab-3. Bab ini berisi informasi yang berkaitan dengan masalah mikroba untuk susu, mikroorganisme yang menjadi perhatian dalam susu, wabah penyakit yang berkaitan dengan susu, mastitis (jumlah sel somatik dan antibiotik dalam susu, dan sifat antibakteri pada susu.

Bagaimana susu diolah, uraian ini akan anda temukan dalam bab-4. Bab Pengolahan Susu berisi informasi umum tentang pengoperasian yang penting dalam pemrosesan susu. Diskusi singkat tentang penanganan susu dari peternakan ke pabrik pengolahan disajikan sebagai pengantar untuk bagian ini.

Susu adalah makanan cair kaya nutrisi, fakta ini kami bahas dalam bab-5 secara luas. Adapun sumber susu adalah hewan mamalia. Maka bab-bab berikut ini mulai dari bab-7 berbicara tentang berbagai jenis susu yang dihasilkan hewan mamalia. Misalnya, susu sapi,

susu kerbau, susu kambing, susu domba, susu unta, susu kuda, susu rusa, susu yak, susu keledai, juga susu yang lebih eksrim yaitu susu babi.

Selain berbicara tentang susu dan sumbernya, kami juga membahas produk olahan susu, seperti keju (bab-17), lebih khusus lagi keju mozzarella (bab-19), yogurt (bab-21), mentega (bab-16) dan kefir (bab-23). Ilustrasi tentang tentang buttermilk dan butterfat juga dibahas (bab-20), serta ilustrasi tentang probiotik (bab-22).

Keju ternyata banyak jenisnya, salah satunya keju yang dibuat dari susu kambing. Ilustrasi keju susu kambing kami bahas dalam bab-18.

Semua informasi mengenai susu dan produk olahannya kami coba hadirkan sebanyak mungkin. Semoga buku ini bermanfaat dalam menambah wawasan pembaca. Tak ada gading yang tak retak, begitu pepatah sering berbunyi. Begitu juga buku ini. Masih banyak kekurangan dan kelemahan yang kita temukan, namun kritik dan saran untuk kemajuan senantiasa kami harapkan.

Medan, 19 Juli 2021

Penulis

Daftar Isi

Kata Pengantar	i
1. PENDAHULUAN.....	1
Etimologi dan Terminologi	2
Jenis Konsumsi	2
• Nutrisi untuk bayi mamalia	2
• Produk makanan untuk manusia	3
Sejarah Susu	5
Industrialisasi Susu	6
Sumber Susu	8
• Sumber hewani lainnya	9
Produksi Susu di Seluruh Dunia	11
• Hasil Produksi	13
• Harga susu	14
Daerah Penghasil Susu Terbanyak di Indonesia	14
• Boyolali.....	14
• Kuningan	15
• Lembang	15
• Madiun	15
• Malang	16
Daftar Pustaka	16
2. KIMIA SUSU	21
Konsep Kimia Dasar	21
• Atom	21
• Ion	23
• Molekul	23
Definisi	25
Keasaman Larutan	27
• pH	27
• Netralisasi	28
Difusi	28
Osmosis	29
• Reverse osmosis	30
• Dialisis	31
Komposisi Susu Sapi	31
Lemak Susu	32
• Definisi umum lemak dan kimia	32
• Kimia lemak susu	34
• Sifat fisika lemak susu	35

• Struktur Kimia Lemak Susu	36
• Kerusakan lemak susu	37
• Pengaruh perlakuan panas pada lemak susu	37
• Titik leleh lemak susu	38
• Bilangan iodium.....	38
• Indeks bias	39
• Nuclear Magnetic Resonance (NMR)	40
• Kristalisasi lemak	40
Protein Susu	40
• Definisi dan kimia protein susu	41
• Kimia protein susu	42
• Sifat fisika protein susu	43
• Kerusakan protein susu	44
• Pengaruh perlakuan panas pada protein susu	44
Karbohidrat Susu (Laktosa)	44
• Kimia karbohidrat umum	45
• Kimia karbohidrat susu	45
• Sifat fisika laktosa	45
• Pengaruh perlakuan panas pada sifat laktosa	46
Vitamin dan Mineral dalam Susu	46
• Vitamin dalam susu	46
• Mineral dalam susu	47
• Pengaruh perlakuan panas dan paparan cahaya pada kandungan Vitamin dan Mineral dalam Susu	47
Enzim Susu	48
Daftar Pustaka	48
3. MIKROBIOLOGI SUSU	51
Standar Mikroba untuk Susu	52
• Standar mikroba untuk susu mentah dan susu pasteurisasi	52
Uji Mikroba untuk Susu Mentah dan Pasteurisasi	53
• Jumlah bakteri	53
• Jumlah coliform.....	53
• Jumlah sel somatik	53
Antibiotik dalam Susu	53
Mastitis dan Sel Somatik	54
• Mastitis.....	54
• Sel somatik	54
Sifat Antibakteri Susu	55
• Laktoferin	55
• Laktoperoksidase	55
Mikroorganisme yang Menjadi Perhatian dalam Susu	56
• Brucella spp.	56
• Campylobacter jejuni	57
• Coxiella burnetii	58
• Escherichia coli O157: H7	58
• Listeria monocytogene	59
• Mycobacterium bovis dan Mycobacterium tuberculosis	60
• Mycobacterium paratuberculosis	61

• Salmonella spp.	61
• Yersinia enterocolitica	62
Bakteri Penting Lainnya	63
• Coliform	63
• Bakteri Psikrotrofik	63
Daftar Pustaka	64
4. PENGOLAHAN SUSU	70
Dari Pertanian ke Pabrik Pengolahan	70
Perakuan Panas dan Pasteurisasi	71
• Tujuan pasteurisasi	71
• Kondisi pasteurisasi	71
• Sejarah pasteurisasi	73
Produksi Susu Cair	73
Definisi Susu Cair	74
Standarisasi	74
Pasteurisasi	74
Homogenisasi	75
Fortifikasi Vitamin	75
Minuman Susu Spesial	76
Produksi Es Krim	76
• Definisi es krim	76
• Bahan	77
• Prosedur Manufaktur Umum	78
• Langkah-langkah Umum Pengolahan Es Krim	79
Produksi Yogurt.....	80
• Definisi yogurt	80
• Bahan	81
• Kultur bakteri	81
• Prosedur manufaktur umum	81
• Langkah-langkah pengolahan yogurt umum	81
Produksi Keju	83
• Definisi keju	83
• Bahan	83
• Kultur bakteri	83
• Prosedur Manufaktur Umum	84
• Langkah-langkah pengolahan keju umum	84
Pedoman Pendinginan Keju	86
Daftar Pustaka	87
5. FAKTA GIZI SUSU	89
Bagaimana Tubuh Mencerna Makanan dan Menyerap Komponen Gizi	89
Komponen Gizi dalam Susu	90
• Energi	90
• Air	90
• Karbohidrat	91
• Lemak	91
• Protein	92
• Vitamin.....	93

• Mineral	94
• Protein dan enzim biologis minor	95
Kandungan Nutrisi dari Varietas Susu	96
Susu dan Kesehatan Manusia	103
• Susu dan alergi	103
• Susu dan arthritis	103
• Susu dan kanker	104
• Susu dan asam linoleat terkonjugasi (CLA)	105
• Susu dan penyakit jantung koroner	106
• Susu dan karies gigi	107
• Susu dan diabetes	108
• Susu dan hipertensi	108
• Susu dan intoleransi laktosa	109
• Susu, osteoporosis dan kesehatan tulang	110
• Susu dan probiotik	111
• Konsumsi susu mentah	113
Daftar Pustaka	114
6. ILUSTRASI SUSU SAPI	117
Pengelolaan Sapi Perah	117
Tingkat Produksi Susu	119
Nutrisi untuk Sapi Perah.....	119
Pemerahan Susu Sapi	120
• Tahap Persiapan	121
• Pelaksanaan Pemerahan Susu	121
• Pemerahan dengan Tangan (Manual)	122
• Pasca Pemerahan	123
• Pengaturan Waktu Pemerahan	123
Komposisi Susu secara Umum	125
Komponen dalam Susu dan Efek Kesehatannya	125
• Lemak	125
• Protein	130
• Mineral, Vitamin dan Antioksidan	132
• Flora Bakteri Susu	135
Susu Fermentasi	135
Intoleransi terhadap Komponen Susu	136
• Alergi susu	136
• Intoleransi terhadap protein susu	137
• Intoleransi Laktosa	137
• Galaktosemia	137
Daftar Pustaka	138
7. ILUSTRASI SUSU KERBAU	150
Apa Itu Susu Kerbau?	151
Susu Kerbau vs. Susu Sapi	152
Manfaat Minum Susu Kerbau	153
• Dapat mendukung kesehatan tulang	153
• Dapat memberikan aktivitas antioksidan	154
• Dapat meningkatkan kesehatan jantung	154

Potensi Kerugian	154
Beberapa Hal Penting	155
Komponen Kecil	155
Warna Ghee Susu Kerbau	155
Efek Antioksidan Probiotik Dahi Susu Kerbau	156
Dadih, Yogurt Khas Minang	156
• Susu Kerbau Segar	157
• Cara Pembuatan Dadih	157
Daftar Pustaka	158
8. ILUSTRASI SUSU UNTA	161
Sejarah Susu Unta	161
Produksi Susu Unta	163
• Australia	163
• Amerika Serikat	164
Konsumsi Susu Unta Rambah Eropa	164
Hasil Susu dan Nilai Gizi	165
• Hasil susu	165
• Nilai gizi	165
Produk Susu Unta	166
Enam Manfaat Mengejutkan dari Susu Unta	166
• Kaya nutrisi	166
• Mungkin pilihan yang tepat untuk orang dengan intoleransi laktosa atau alergi susu	167
• Dapat menurunkan gula darah dan insulin	167
• Dapat melawan organisme penyebab penyakit dan meningkatkan kekebalan	168
• Dapat membantu kondisi otak dan gangguan spektrum autisme	168
• Mudah ditambahkan ke dalam makanan	169
Potensi Kerugian	169
• Lebih mahal	169
• Tidak boleh dipasteurisasi	170
• Dapat menimbulkan masalah etika	170
Beberapa Hal Penting	170
Daftar Pustaka	171
9. ILUSTRASI SUSU DOMBA	175
Ras Domba	175
Masa Produksi Susu	176
Produksi Susu Domba	176
Nutrisi Susu Domba (sebagai Perbandingan)	177
Produk Berbahan Dasar Susu Domba	177
Negara Produsen Keju Susu Domba	178
• Perancis	179
• Siprus	179
• Yunani	179
• Kroasia	179
• Italia	179
• Polandia	179

• Portugal	180
• Spanyol	180
• Hungaria	180
• Kanada	180
Yogurt dari Susu Domba	181
Daftar Pustaka	183
10. ILUSTRASI SUSU KAMBING	184
Susu Kambing	184
Pengolahan Susu Kambing	186
• Susu bubuk kambing full cream	186
• Susu bubuk skim kambing	186
• Krim dan mentega kambing	187
• WPC 60	187
Keju Susu Kambing	188
Nutrisi Susu Kambing	188
Manfaat Kesehatan Susu Kambing	192
• Baik untuk pencernaan	192
• Penting untuk kekebalan tubuh	192
• Dapat mengatasi alergi susu sapi	193
• Melindungi flora usus, perkembangan sel otak dan sistem saraf	193
• Penting sebagai biavailabilitas mineral	193
• Memperkuat tulang	193
• Bersifat antiinflamasi	193
• Melindungi hati	194
• Memperbaiki sistem metabolisme	194
• Menjaga kesehatan kulit	194
• Meningkatkan kesehatan otak	195
Daftar Pustaka	195
11. ILUSTRASI SUSU KELEDAI	197
Sejarah Susu Keledai	197
Produksi Susu Keledai	198
Komposisi Susu Keledai	199
• Komposisi kotor	199
• Komponen fungsional dan bioaktif	200
Penggunaan Nutrisi	201
• Susu hipoalergenik alami untuk bayi dengan CMPA	201
• “Susu formula” bayi alami	201
• Susu keledai yang difermentasi	201
Keju Pule Keledai yang Istimewa	202
Penggunaan Kosmetik	204
• Sejarah singkat	204
• Kosmetik dengan susu keledai	204
Jenis Susu Keledai	205
• Pengeringan beku	205
Daftar Pustaka	206

12. ILUSTRASI SUSU KUDA	208
Susu Kuda untuk Anak Yatim dan Anak Kuda Sakit	209
Komposisi Susu Kuda (<i>Mare</i>)	210
Kefir dari Susu Kuda (<i>Mare</i>)	210
Yogurt dari Susu Kuda (<i>Mare</i>)	210
Koumiss dari Susu Kuda (<i>Mare</i>)	211
Perubahan Susu Kuda Saat Menyusui	212
Susu Kuda Liar Sumbawa	215
• Susu kuda liar terbaik di Sumbawa	215
• Pengujian susu kuda liar	215
• Produksi susu kuda liar	216
• Lepas liar	216
• Kandungan gizi susu kuda liar	217
• Manfaat kesehatan susu kuda liar	217
• Manfaat kecantikan susu kuda liar	218
• Rendah kalori	219
Daftar Pustaka	219
13. ILUSTRASI SUSU RUSA	221
Profil Rusa Merah (<i>Cervus e;aphus</i>)	223
• Ciri-ciri rusa merah	224
• Ukuran rusa merah	224
• Surai leher	225
• Tanduk	225
• Lambang	225
Semua tentang Susu Rusa Merah	225
• Asal susu rusa merah	225
• Penyimpanan	226
• Profil rasa susu rusa merah	226
• Komposisi susu Rusa Merah	226
• Penggunaan Kuliner	227
Sekilas tentang Rusa Rusia	228
• Kandungan Nutrisi	228
• Pertanian dan penjualan	228
Keju Susu Rusa Merah	229
• Keju susu rusa Havarti	230
• Keju susu rusa Gouda	230
Daftar Pustaka	230
14. ILUSTRASI SUSU YAK	232
Tentang Yak	232
Profil Susu Yak	233
Susu Yak bagi Pengembara Tibet	233
Produksi Susu Yak	234
Produksi Nasional	234
Pemerahan Susu Yak	235
Susu Yak sebagai Makanan Pokok	236
Susu Yak Fermentasi Tradisional	237
Mentega Yak	238

• Produksi mentega yak	238
• Kegunaan mentega yak	239
Daftar Pustaka	240
15. ILUSTRASI SUSU BABI	241
Profil Susu Babi	241
Memerah Susu Babi	242
Keju Susu Babi	243
Daftar Pustaka	245
16. ILUSTRASI MENTEGA	247
Etimologi	248
Produksi Mentega	249
Jenis Mentega	250
• Mentega whey	252
• Mentega Eropa	252
Sejarah Mentega	252
• Abad pertengahan	254
• Industrialisasi	254
Pengemasan	256
• Amerika Serikat	256
• Di tempat lain	257
• Kemasan massal	257
• Di seluruh dunia	257
Penyimpanan	258
Dalam Memasak dan Gastronomi	259
Informasi Nutrisi	261
• Masalah Kesehatan	261
Daftar Pustaka	262
17. ILUSTRASI KEJU	267
Etimologi	267
Sejarah Keju	268
• Asal keju	268
• Yunani Kuno dan Roma	269
• Eropa Pasca-Romawi	269
• Era modern	270
Produksi Keju	270
Pengolahan Keju	271
• Pendadihan (Curdling)	271
• Pengolahan dadih	272
• Pematangan Keju	273
Jenis-jenis Keju	274
• Memasak dan Makan	274
• Papan keju	276
Nutrisi dan Kesehatan	277
• Penyakit kardiovaskular	278
• Pasteurisasi	278
Sikap Budaya	278

Daftar Pustaka	280
18. ILUSTRASI KEJU SUSU KAMBING	284
Keju Tua	284
Keju Gaya Tomme	284
Keju Biru	285
Keju Brie	285
Keju Gouda	286
Keju Monchego	286
Sifat-sifat Keju Kambing	287
Nutrisi Keju Kambing	287
19. ILUSTRASI KEJU MOZZARELLA	291
Etimologi	291
Jenis Mozzarella	292
Varian	292
• Keju Susu kerbau	292
• Keju Susu sapi	293
• Keju Susu domba	293
• Keju Susu kambing	294
Produksi Mozzarella	294
Nutrisi Keju Mozzarella	294
Pengakuan dan Regulasi	295
Daftar Pustaka	296
20. ILUSTRASI BUTTERMILK DAN BUTTERFAT	298
Buttermilk Tradisional	299
Buttermilk yang Diasamkan	299
Nutrisi Buttermilk	300
Apa Itu Butterfat?	300
Komposisi Butterfat	301
Standar Amerika Serikat (AS)	302
• Susu	302
• Keju	302
• Makanan penutup beku (Frozen desserts)	302
• Krim	303
• Mentega	303
Daftar Pustaka	303
21. ILUSTRASI YOGURT	306
Etimologi	306
Sejarah Yogurt	306
Pasar dan Konsumsi	308
Nutrisi Yogurt	308
Kesehatan dan Keselamatan	309
Varietas Yogurt	311
• Dimaniskan dan dibumbui	312
• Yogurt saring	312
• Minuman yogurt	313
Yoghurt Nabati	314
Produksi Yogurt	315

Yoghurt Komersial	316
Yogurt Beku	316
• Produksi yogurt beku	316
• Kegunaan	317
Intoleransi Laktosa	318
Daftar Pustaka	318
22. ILUSTRASI PROBIOTIK	324
Definisi Probiotik	324
Jenis Bakteri yang Terdapat dalam Probiotik	325
Popularitas Probiotik	325
Konsumsi Probiotik	326
Probiotik dalam Makanan	326
Cara Kerja Probiotik	327
Regulasi Probiotik di Amerika Serikat	327
Bukti Sains dan Efektivitas Probiotik bagi Kesehatan	328
Kondisi Gastrointestinal	328
• Antibiotik-Terkait Diare	328
• Infeksi <i>Clostridium difficile</i>	329
• Sembelit	329
• Diare Disebabkan oleh Pengobatan Kanker	329
• Penyakit Divertikular	330
• Penyakit radang usus	330
• Sindrom iritasi usus	330
• Diare Wisatawan	331
Kondisi pada Bayi	331
• Kolik Bayi	331
• Enterokolitis Nekrotikans	331
• Sepsis pada Bayi	332
Gangguan Gigi	332
• Karies Gigi (Kerusakan Gigi)	332
• Penyakit Periodontal (Penyakit Gusi)	332
Kondisi Terkait Alergi	332
• Alergi Rhinitis (Demam Jerami)	332
• Asma	333
• Dermatitis atopik	333
• Pencegahan Alergi	333
Kondisi lain	333
• Jerawat	333
• Ensefalopati Hepatik	334
• Infeksi Saluran Pernapasan Atas (ISPA)	334
• Infeksi Saluran Kemih	334
• Bakteri vaginosis	334
• Kolesterol	335
• Tukak lambung	335
• Fungsi kekebalan dan infeksi	335
Bisakah Probiotik Berbahaya?	336
Pelabelan Yogurt	337
Sejarah Probiotik	337

Penelitian Umum	340
• Formulasi	340
• Probiotik ganda	340
• Strain	340
Pedoman Ilmiah untuk Pengujian	341
Daftar Pustaka	342
23. ILUSTRASI KEFIR	353
Asal dan Etimologi	353
Fermentasi	355
• Kandungan laktosa rendah	356
• Kandungan alkohol	356
Nutrisi Kefir	357
• Komposisi	357
• Mikrobiota	357
Produksi Kefir	357
Jenis Susu	359
Kuliner	359
Daftar Pustaka	360

1

Pendahuluan

Susu adalah makanan cair kaya nutrisi yang diproduksi oleh kelenjar susu mamalia. Ini adalah sumber nutrisi utama bagi mamalia muda, termasuk bayi manusia yang disusui sebelum mereka dapat mencerna makanan padat. Susu laktasi dini disebut kolostrum, yang mengandung antibodi yang memperkuat sistem kekebalan tubuh sehingga mengurangi risiko berbagai penyakit. Ia menyimpan banyak nutrisi lain, termasuk protein dan laktosa. Konsumsi susu antarspesies tidak jarang, terutama di antara manusia yang banyak di antaranya mengonsumsi susu mamalia lain.



Gambar-1.1. Sapi di ruang pemerahan susu berputar

Sebagai produk pertanian, susu dikumpulkan dari hewan ternak. Peternakan sapi perah menghasilkan sekitar 730 juta ton (800 juta ton) susu pada tahun 2011, dari 260 juta sapi perah. India adalah penghasil susu terbesar di dunia, dan merupakan pengekspor utama susu bubuk skim, namun hanya mengekspor sedikit produk susu lainnya. Meningkatnya permintaan domestik untuk produk susu dan kesenjangan permintaan-penawaran yang besar dapat menyebabkan India menjadi importir bersih produk susu di masa depan. Selandia Baru,

Jerman, dan Belanda adalah pengeksport produk susu terbesar. China dan Rusia adalah importir susu dan produk susu terbesar di dunia hingga 2016 ketika kedua negara menjadi swasembada, berkontribusi pada melimpahnya susu di seluruh dunia.

Di seluruh dunia, lebih dari enam miliar orang mengonsumsi susu dan produk susu. Antara 750 dan 900 juta orang tinggal di rumah tangga peternak sapi perah.

Etimologi dan Terminologi

Istilah "susu" berasal dari "Meoluc Inggris Kuno (Saxon Barat), *milc* (Anglian), dari Proto-Germanic meluks" milk "(sumber juga dari Old Norse mjolk, Old Frisian melok, Old Saxon miluk, Dutch melk, Old Miluh Jerman Tinggi, Milch Jerman, Miluk Gotik) ".

Dalam penggunaan makanan, dari tahun 1961, istilah susu telah didefinisikan berdasarkan standar **Codex Alimentarius** sebagai: "sekresi normal susu dari hewan pemerah susu yang diperoleh dari satu atau lebih pemerahan tanpa tambahan atau ekstraksi darinya, dimaksudkan untuk dikonsumsi sebagai susu cair atau untuk diproses lebih lanjut. " Istilah produk susu berkaitan dengan susu hewan dan produksi susu hewan.

Zat yang disekresikan oleh merpati untuk memberi makan anak-anaknya disebut "susu tanaman" dan memiliki kemiripan dengan susu mamalia, meskipun tidak dikonsumsi sebagai pengganti susu.

Jenis Konsumsi

Konsumsi susu terjadi dalam dua jenis keseluruhan yang berbeda: sumber nutrisi alami untuk semua bayi mamalia dan produk makanan yang diperoleh dari mamalia lain untuk dikonsumsi oleh manusia dari segala usia.

Nutrisi untuk bayi mamalia

Pada hampir semua mamalia, susu diberikan kepada bayi melalui menyusui, baik secara langsung maupun dengan memeras susu untuk disimpan dan dikonsumsi kemudian. Susu awal dari mamalia disebut kolostrum. Kolostrum mengandung antibodi yang melindungi bayi baru lahir serta nutrisi dan faktor pertumbuhan. Susunan kolostrum dan periode sekresi bervariasi dari spesies ke spesies.

Untuk manusia, Organisasi Kesehatan Dunia merekomendasikan pemberian ASI eksklusif selama enam bulan dan menyusui sebagai tambahan makanan lain hingga usia dua tahun atau lebih. Dalam beberapa budaya, umumnya menyusui anak selama tiga sampai lima tahun, dan menstruasi bisa lebih lama.

Susu kambing segar kadang-kadang diganti dengan ASI, yang menyebabkan risiko anak mengalami ketidakseimbangan elektrolit, asidosis metabolik, anemia megaloblastik, dan sejumlah reaksi alergi.

Produk Makanan untuk Manusia

Di banyak budaya, terutama di Barat, manusia terus mengonsumsi susu setelah masa kanak-kanak, dengan menggunakan susu mamalia lain (terutama sapi, kambing, dan domba) sebagai produk makanan. Awalnya, kemampuan mencerna susu hanya terbatas pada anak-anak karena orang dewasa tidak memproduksi laktase, enzim yang diperlukan untuk mencerna laktosa dalam susu. Oleh karena itu, orang mengubah susu menjadi dadih, keju, dan produk lain untuk mengurangi kadar laktosa



Gambar-1.2.
Menyusui untuk
memberikan ASI

Ribuan tahun yang lalu, mutasi kebetulan menyebar pada populasi manusia di Eropa yang memungkinkan produksi laktase di masa dewasa. Mutasi ini memungkinkan susu digunakan sebagai sumber nutrisi baru yang dapat menopang populasi ketika sumber makanan lain gagal. Susu diolah menjadi berbagai macam produk seperti krim, mentega, yogurt, kefir, es krim, dan keju. Proses industri modern menggunakan susu untuk menghasilkan kasein, protein whey, laktosa, susu kental manis, susu bubuk, dan banyak bahan tambahan makanan dan produk industri lainnya.



Gambar-1.3. Seekor anak kambing yang sedang minun susu induknya

Susu murni, mentega, dan krim memiliki kadar lemak jenuh yang tinggi. Laktosa gula yang hanya ditemukan dalam susu, bunga *forsythia*, dan beberapa semak tropis. Enzim yang dibutuhkan untuk mencerna laktosa, laktase, mencapai tingkat tertinggi di usus kecil manusia setelah lahir dan kemudian mulai menurun secara perlahan kecuali jika susu dikonsumsi secara teratur. Namun, kelompok-kelompok yang terus mentolerir susu seringkali telah menunjukkan kreativitas yang luar biasa dalam menggunakan susu hewan berkuku peliharaan, tidak hanya untuk sapi, tetapi juga domba, kambing, yak, kerbau, kuda, rusa kutub, dan unta. India adalah produsen dan konsumen susu sapi dan kerbau terbesar di dunia.



Gambar-1.4. Sapi Holstein Friesian adalah jenis yang dominan di peternakan sapi perah industri saat ini.

Tabel-1.1. Konsumsi susu dan produk susu per kapita di negara-negara tertentu pada tahun 2011 [26]			
Negara	Susu (liter)	Keju (kg)	Mentega (kg)
Australia	105,3	11,7	4,0
Brazil	55,7	3,6	0,4
Kanada	78,4	12,3	2,5
China	9,1	-	0,1
Eropa	62,8	17,1	3,6
Finlandia	127,0	22,5	4,1
Francis	55,5	26,3	7,5
Jerman	51,8	22,9	5,9
Yunani	49,1	23,4	0,7
India	39,5	-	3,5
Irlandia	135,6	6,7	2,4
Italia	54,2	21,8	2,3
Belanda	47,5	19,4	3,3
Swedia	90,1	19,1	1,7
Britania Raya	105,9	10,9	3,0
Amerika Serikat	75,8	15,1	2,8

Sejarah Susu

Manusia pertama kali belajar mengonsumsi susu mamalia lain secara teratur setelah domestikasi hewan selama Revolusi Neolitik atau perkembangan pertanian. Perkembangan ini terjadi secara independen di beberapa lokasi global sejak 9000–7000 SM di Mesopotamia hingga 3500–3000 SM di Amerika. Orang-orang pertama kali menjinakkan hewan perah terpenting - sapi, domba, dan kambing - di Asia Barat Daya, meskipun ternak domestik telah diturunkan secara independen dari populasi *auroch* liar beberapa kali sejak itu. Awalnya hewan dipelihara untuk diambil dagingnya, dan arkeolog Andrew Sherratt telah menunjukkan bahwa usaha peternakan, bersama dengan eksploitasi hewan domestik untuk rambut dan tenaga kerja, dimulai jauh kemudian dalam revolusi produk sekunder terpisah di milenium keempat SM. Model Sherratt tidak didukung oleh temuan terbaru, berdasarkan analisis residu lipid dalam tembikar prasejarah, yang menunjukkan bahwa usaha peternakan dipraktikkan pada fase awal pertanian di Asia Barat Daya, setidaknya pada milenium ketujuh SM.

Dari Asia Barat Daya, hewan perah domestik menyebar ke Eropa (dimulai sekitar 7000 SM tetapi tidak mencapai Inggris dan Skandinavia sampai setelah 4000 SM), dan Asia Selatan (7000–5500 SM). Para petani pertama di Eropa Tengah dan Inggris pemerah susu hewan mereka. Ekonomi nomaden pastoral dan pastoral, yang secara dominan atau eksklusif bergantung pada hewan peliharaan dan produk mereka daripada pertanian tanaman, dikembangkan ketika petani Eropa pindah ke stepa Pontic-Caspian pada milenium keempat SM, dan kemudian menyebar ke sebagian besar stepa Eurasia.

Domba dan kambing diperkenalkan ke Afrika dari Asia Barat Daya, tetapi sapi Afrika mungkin telah didomestikasi secara mandiri sekitar 7000–6000 SM. Unta, yang didomestikasi di Arab tengah pada milenium keempat SM, juga telah digunakan sebagai hewan perah di Afrika Utara dan Semenanjung Arab. Catatan Mesir paling awal tentang perawatan luka bakar menggambarkan balutan luka bakar menggunakan susu dari ibu dari bayi laki-laki. Di belahan dunia lainnya (yaitu, Asia Timur dan Tenggara, Amerika dan Australia) susu dan produk susu secara historis bukan bagian besar dari makanan, baik karena mereka tetap dihuni oleh pemburu-pengumpul yang tidak memelihara hewan atau lokal. ekonomi pertanian tidak memasukkan spesies susu yang didomestikasi. Konsumsi susu menjadi umum di wilayah ini relatif baru-baru ini, sebagai konsekuensi dari kolonialisme Eropa dan dominasi politik di sebagian besar dunia dalam 500 tahun terakhir.

Gambar-1.5.
Minum susu di Jerman pada tahun 1932.



Pada Abad Pertengahan, susu disebut "minuman keras putih yang baik" karena minuman beralkohol lebih aman dikonsumsi daripada air. Catatan James Rosier tentang pelayaran 1605 yang dilakukan oleh George Weymouth ke New England melaporkan bahwa orang-orang Wabanaki yang ditangkap Weymouth di Maine melaporkan bahwa mereka memerah susu "Rain-Deere dan Fallo-Deere." Tapi Jurnalis Avery Yale Kamila dan sejarawan makanan mengatakan Rosier "salah menafsirkan bukti." Sejarawan melaporkan bahwa Wabanaki tidak memelihara rusa. Suku-suku di hutan utara secara historis telah membuat susu kacang. Sapi diimpor ke New England pada tahun 1624.

Industrialisasi Susu

Pertumbuhan penduduk perkotaan, ditambah dengan perluasan jaringan kereta api pada pertengahan abad ke-19, membawa revolusi dalam produksi dan pasokan susu. Perusahaan kereta api individu mulai mengangkut susu dari daerah pedesaan ke London sejak 1840-an dan 1850-an. Mungkin contoh pertama terjadi pada tahun 1846, ketika Rumah Sakit St Thomas di Southwark mengadakan kontrak dengan pemasok susu di luar London untuk mengirimkan susu melalui kereta api. *The Great Western Railway* adalah pengguna awal dan antusias, dan mulai mengangkut susu ke London dari Maidenhead pada tahun 1860, meskipun mendapat banyak kritik. Pada tahun 1900, perusahaan tersebut mengangkut lebih dari 25 juta galon kekaisaran (110 juta liter; 30 juta galon AS) setiap tahun. Perdagangan susu tumbuh perlahan sepanjang tahun 1860-an, tetapi mengalami periode perubahan struktural yang ekstensif pada tahun 1870-an dan 1880-an.



Gambar-1.6. Kereta tangki susu tiga gandar Express Dairies yang diawetkan di Didcot Railway Center, berdasarkan sasis SR.

Permintaan perkotaan mulai meningkat, seiring dengan meningkatnya daya beli konsumen dan susu dianggap sebagai komoditas kebutuhan sehari-hari. Selama tiga dekade terakhir abad ke-19, permintaan susu di sebagian besar wilayah negara itu berlipat ganda atau, dalam beberapa kasus, naik tiga kali lipat. Undang-undang tahun 1875 membuat pemalsuan susu ilegal - Ini dikombinasikan dengan kampanye pemasaran untuk mengubah citra susu. Proporsi impor pedesaan dengan kereta api sebagai persentase dari total konsumsi susu di London tumbuh dari di bawah 5% pada tahun 1860-an menjadi lebih dari 96% pada awal abad ke-20. Pada saat itu, sistem pasokan susu adalah yang paling terorganisir dan terintegrasi dari semua produk makanan.

Kemasan botol kaca pertama untuk susu digunakan pada tahun 1870-an. Perusahaan pertama yang melakukannya mungkin adalah New York Dairy Company pada tahun 1877. Express Dairy Company di Inggris memulai produksi botol kaca pada tahun 1880. Pada tahun 1884, Hervey Thatcher, seorang penemu Amerika dari New York, menemukan botol susu kaca, yang disebut "Stoples Susu Akal Sehat Thatcher," yang disegel dengan cakram kertas lilin. [48] Kemudian, pada tahun 1932, karton susu kertas berlapis plastik diperkenalkan secara komersial.



Gambar-1.7. Transportasi susu di Salem, Tamil Nadu

Pada tahun 1863, ahli kimia dan biologi Prancis Louis Pasteur menemukan pasteurisasi, metode membunuh bakteri berbahaya dalam minuman dan produk makanan. Ia

mengembangkan metode ini saat berlibur musim panas di Arbois, untuk memperbaiki keasaman yang sering terjadi pada anggur lokal.

Dia menemukan secara eksperimental bahwa itu cukup untuk memanaskan anggur muda hingga hanya sekitar 50–60 ° C (122–140 ° F) untuk waktu yang singkat untuk membunuh mikroba, dan bahwa anggur dapat tetap berumur dengan baik tanpa mengorbankan final. kualitas. Untuk menghormati Pasteur, proses tersebut dikenal sebagai "pasteurisasi". Pasteurisasi awalnya digunakan sebagai cara untuk mencegah anggur dan bir menjadi asam.

Peralatan pasteurisasi komersial diproduksi di Jerman pada tahun 1880-an, dan produsen mengadopsi proses tersebut di Kopenhagen dan Stockholm pada tahun 1885.



Gambar-1.8. Louis Pasteur, bapak pasteurisasi.

Sumber Susu

Betina dari semua spesies mamalia, menurut definisi, dapat menghasilkan susu, tetapi susu sapi mendominasi produksi komersial. Pada tahun 2011, FAO memperkirakan 85% dari semua susu di seluruh dunia diproduksi dari sapi. ASI tidak diproduksi atau didistribusikan secara industri atau komersial; namun, bank ASI mengumpulkan ASI yang disumbangkan dan mendistribusikannya kembali kepada bayi yang mungkin mendapat manfaat dari ASI karena

berbagai alasan (bayi prematur, bayi dengan alergi, penyakit metabolik, dll.) tetapi tidak dapat menyusui.

Di dunia Barat, susu sapi diproduksi dalam skala industri dan sejauh ini merupakan bentuk susu yang paling umum dikonsumsi. Peternakan sapi perah komersial yang menggunakan peralatan pemerahan otomatis menghasilkan sebagian besar susu di negara maju. Sapi perah, seperti Holstein, telah dikembangkan secara selektif untuk meningkatkan produksi susu. Sekitar 90% dari sapi perah di Amerika Serikat dan 85% di Inggris Raya adalah Holstein. Sapi perah lainnya di Amerika Serikat termasuk Ayrshire, Brown Swiss, Guernsey, Jersey dan Milking Shorthorn (Dairy Shorthorn).



Gambar-1.9. Susu industrialisasi

Sumber hewani lainnya

Selain sapi, banyak jenis ternak yang menyediakan susu yang dimanfaatkan manusia untuk produk susu. Hewan-hewan tersebut antara lain kerbau, kambing, domba, unta, keledai, kuda, rusa kutub dan yak. Empat susu pertama masing-masing menghasilkan sekitar 11%, 2%, 1,4% dan 0,2% dari semua susu di seluruh dunia pada tahun 2011.

Di Rusia dan Swedia, perusahaan susu rusa kecil juga ada.



Gambar-1.10. Peternakan sapi perah modern di Norwegia



Gambar-1.11. Susu kambing (2% dari susu dunia)



Gambar-1.12. Susu kerbau (11%)

Menurut Asosiasi Bison Nasional AS, bison Amerika (juga disebut kerbau Amerika) tidak diperah secara komersial; namun, berbagai sumber melaporkan bahwa sapi hasil kawin silang bison dan sapi domestik adalah penghasil susu yang baik, dan telah digunakan keduanya selama pemukiman Eropa di Amerika Utara dan selama pengembangan Beefalo komersial pada 1970-an dan 1980-an.

Produksi di Seluruh Dunia

Pada tahun 2012, penghasil susu dan produk susu terbesar adalah India diikuti oleh Amerika Serikat, Cina, Pakistan, dan Brasil. Semua 28 anggota Uni Eropa bersama-sama menghasilkan 153,8 juta ton (169,5 juta ton pendek) susu pada tahun 2013, terbesar oleh serikat politik-ekonomi mana pun.

Peningkatan kemakmuran di negara berkembang, serta peningkatan promosi susu dan produk susu, telah menyebabkan peningkatan konsumsi susu di negara berkembang dalam beberapa tahun terakhir. Pada gilirannya, peluang yang disajikan oleh pasar yang berkembang ini telah menarik investasi oleh perusahaan susu multinasional. Namun demikian, di banyak negara produksi tetap dalam skala kecil dan menghadirkan peluang yang signifikan untuk diversifikasi sumber pendapatan oleh pertanian kecil. Pusat pengumpulan susu lokal, tempat susu dikumpulkan dan didinginkan sebelum dipindahkan ke perusahaan

susu perkotaan, adalah contoh yang baik di mana para petani dapat bekerja secara kooperatif, terutama di negara-negara seperti India.

Tabel-1.2. Produsen susu terbesar di dunia pada 2018

Urutan	Negara	Produksi (metrik ton)
1	India	186.143.000
-	Uni Eropa	167.256.000
2	Amerika Serikat	98.646.000
3	Pakistan	45.623.000
4	Brazil	35.539.000
5	China	31.592.000
6	Rusia	31.527.000
7	Turki	22.791.000
8	Selandia Baru	21.372.000
Dunia		842.989.000

Tabel-1.3. Sepuluh produsen susu sapi teratas pada 2013

Urutan	Negara	Produksi (metrik ton)
1	Amerika Serikat	91.271.058
2	India	60.600.000
3	China	35.310.000
4	Brazil	34.255.236
5	Jerman	31.122.000
6	Rusia	30.285.969
7	Francis	23.714.357
8	Selandia Baru	18.883.000
9	Turki	16.655.009
10	Britania Raya	13.941.000

Tabel-1.4. Sepuluh besar produsen susu domba pada 2013

Urutan	Negara	Produksi (metrik ton)
1	China	1.540.000
2	Turki	1.101.013
3	Yunani	705.000
4	Suriah	684.578
5	Rumania	632.582
6	Spanyol	600.658
7	Sudan	540.000
8	Somalia	505.000
9	Iran	470.000
10	Italia	383.837

Tabel-1.5. Sepuluh besar produsen susu kambing pada 2013

Urutan	Negara	Produksi (metrik ton)
1	India	5.000.000
2	Bangladesh	2.616.000
3	Sudan	1.532.000
4	Pakistan	801.000
5	Mali	720.000
6	Francis	580.694
7	Spanyol	471.999
8	Turki	415.743
9	Somalia	400.000
10	Yunani	340.000

Tabel-1.6. Sepuluh besar produsen susu kerbau pada 2013

Urutan	Negara	Produksi (metrik ton)
1	India	70.000.000
2	Pakistan	24.370.000
3	China	3.050.000
4	Mesir	2.614.500
5	Nepal	1.188.433
6	Myanmar	309.000
7	Italia	194.893
8	Sri Lanka	65.000
9	Iran	65.000
10	Turki	51.947

Hasil Produksi

Laporan FAO Peternakan sapi perah Israel adalah yang paling produktif di dunia, dengan hasil 12.546 kilogram (27.659 lb) susu per sapi per tahun. Survei selama 2001 dan 2007 ini dilakukan oleh ICAR (Komite Internasional untuk Pencatatan Hewan) di 17 negara maju. Survei menemukan bahwa ukuran kawanan rata-rata di negara-negara maju ini meningkat dari 74 menjadi 99 sapi per kawanan antara 2001 dan 2007. Sebuah peternakan sapi perah memiliki rata-rata 19 sapi per kawanan di Norwegia, dan 337 di Selandia Baru. Produksi susu tahunan pada periode yang sama meningkat dari 7.726 menjadi 8.550 kg (17.033 menjadi 18.850 lb) per sapi di negara-negara maju ini. Produksi rata-rata terendah di Selandia Baru yaitu 3.974 kg (8.761 lb) per sapi. Hasil susu per sapi bergantung pada sistem produksi, nutrisi

sapi, dan hanya sedikit perbedaan potensi genetik hewan. Apa yang dimakan sapi paling berpengaruh terhadap produksi yang diperoleh. Sapi Selandia Baru dengan hasil terendah per tahun digembalakan sepanjang tahun, berbeda dengan Israel dengan hasil tertinggi di mana sapi makan di lumbung dengan makanan campuran kaya energi.

Hasil susu per sapi di Amerika Serikat adalah 9.954 kg (21.945 lb) per tahun pada tahun 2010. Sebaliknya, produksi susu per sapi di India dan Cina - produsen terbesar kedua dan ketiga - masing-masing adalah 1.154 kg (2.544 lb) dan 2.282 kg (5.031 lb) per tahun.

Harga

Dilaporkan pada tahun 2007 bahwa dengan meningkatnya kemakmuran di seluruh dunia dan persaingan produksi bahan bakar nabati untuk stok pakan, permintaan dan harga susu telah meningkat secara substansial di seluruh dunia. Yang terutama menonjol adalah peningkatan pesat konsumsi susu di Cina dan kenaikan harga susu di Amerika Serikat di atas harga yang disubsidi pemerintah. Pada tahun 2010, Departemen Pertanian memperkirakan petani akan menerima rata-rata \$ 1,35 per galon AS (\$ 0,36/liter; \$ 1,62/imp gal) susu sapi, yang turun 30 sen per galon AS (7,9 ¢/l; 36 ¢/imp gal) dari tahun 2007 dan di bawah titik impas bagi banyak peternak sapi.

Daerah Penghasil Susu Terbanyak di Indonesia

Dilansir dari detikfinance.com Jakarta dan smol.id Jakarta – Produksi susu segar di Indonesia mayoritas masih di produksi di Pulau Jawa. Direktur Budidaya Ternak Ruminansia Kementerian Pertanian Fauzi Lutan mengungkapkan dari 690.000 ton produksi susu segar di Indonesia, mayoritas di produksi di Pulau Jawa.

“Jadi 95% produksi susu segar di Indonesia masih terkonsentrasi di Pulau Jawa” kata Fauzi saat memberikan pemaparan kepada media di Gedung Kementerian Pertanian (Kementan), Ragunan, Jakarta Selatan, Rabu (4/06/2014).

Konsumsi susu masyarakat Indonesia disebut terendah se-Asia. Menurut Data Badan Pusat Statistik tahun 2017, masyarakat Indonesia hanya mengkonsumsi susu 16.61 kg susu per kapita per tahun. Padahal banyak daerah di Indonesia yang merupakan penghasil susu sapi terbesar. Ada ribuan populasi sapi terbesar di berbagai daerah. Dala, sehari saja ada menghasilkan hingga berton-ton susu. Produksi susu itu kemudian dikirim untuk memenuhi permintaan di perusahaan besar atau industri rumahan.

Dilansir dari berbagai sumber, berikut 5 daerah Indonesia penghasil susu sapi.

Boyolali

Kabupaten Boyolali pernah disinggung oleh Menteri Pertanian Prabowo Subianto sebagai wilayah penghasil susu sapi terbesar di Indonesia. Mengutip dari detikFinance (05/11/18) data statistik menyebut bahwa populasi sapi perah di Jawa Tengah mencapai 138ribu. Dari jumlah itu, 90 ribu diantaranya berada di Boyolali.



Gambar-1.13.
Sapi perah Indonesia

Dalam sehari, Boyolali bisa menghasilkan susu perah sebanyak 110.000 hingga 120.000 liter per hari. Susu itu kemudian disalurkan oleh Koperasi Unit Desa atau Industri Pengolah Susu.

Kuningan

Kabupaten Kuningan, Jawa Barat juga tercatat sebagai daerah penghasil susu di Indonesia. Bahkan disebut-sebut terbesar ketiga dengan jumlah populer sapi sebanyak 6.000 ekor.

Hal tersebut tercatat dalam data Pertanian, Peternakan dan Perikanan (DP3) di kecamatan Cigugur, Kuningan. Dalam sehari, kabupaten Kuningan bisa menghasilkan susu sebanyak 50.000 liter.

Lembang

Berdasarkan sejarah, Lembang, Bandung, Jawa Barat ini tercatat sebagai penghasil susu pertama di Indonesia. Cuaca Lembang yang dingin sangat cocok untuk budidaya sapi perah. Di Lembang ada Kampung Suka Mulya, Desa Langansari Buka Negara yang menjadi daerah penghasil susu sapi terbesar di Bandung. Mayoritas penduduk di sini adalah peternak sapi. Hasil produksi susu sapi itu kemudian disalurkan ke industri pengolahan susu. Atau ada juga yang dijual eceran.

Madiun

Di Jawa Timur juga ada kawasan yang dikenal sebagai penghasil susu sapi terbesar. Peternak sapi yang telah membudidayakan sapi perah ada di lereng Gunung Wilis, wilayah Kresek. Di kawasan tersebut ada sekitar 40 ribu populer sapi perah an 15 ribu diantara merupakan sapi indukan yang bisa memproduksi susu setiap hari. Dalam sehari, wilayah Kresek tersebut mampu menghasilkan susu sebanyak 200 liter per hari. Tak hanya susu, bahkan para peternak di sana juga memproduksi berbagai macam olahan susu, seperti tahu susu, permen susu dan yogurt.

Malang

Selain Madiun, Malang juga dikenal sebagai daerah penghasil susu sapi. Populasi sapi perah di Malang jumlahnya mencapai 234 ribu ekor, lapor ANTARA.

Hasil susu yang diproduksi oleh kelompok peternak di sana juga sangat melimpah. Koperasi Agro Niaga Jabung Syariah yang berada di Kabupaten Malang, tepatnya di Desa Jabung rata-rata dalam sehari menghasilkan susu sebanyak 50 ton/hari.

Daftar Pustaka

- Van Winckel, M; Velde, SV; De Bruyne, R; Van Biervliet, S (2011). "*Clinical Practice*". **European Journal of Pediatrics**. **170** (12): 1489–1494. doi:10.1007/s00431-011-1547-x. PMID 21912895.
- Pehrsson, P.R.; Haytowitz, D.B.; Holden, J.M.; Perry, C.R.; Beckler, D.G. (2000). "*USDA's National Food and Nutrient Analysis Program: Food Sampling*" (PDF). **Journal of Food Composition and Analysis**. **13** (4): 379–89. doi:10.1006/jfca.1999.0867. Archived from the original (PDF) on April 7, 2003.
- Van Esterik, Penny (1995). "*The Politics of Breastfeeding*". In Stuart-Macadam, Patricia; Dettwyler, Katherine Ann (eds.). *Breastfeeding: Biocultural Perspectives*. Aldine. ISBN 978-0-202-01192-9.
- Radbill, Samuel X. (1976). "*The Role of Animals in Infant Feeding*". In Hand, Wayland D (ed.). *American Folk Medicine: A Symposium*. University of California Press. ISBN 978-0-520-04093-9.
- "*Food Outlook – Global Market Analysis*" (PDF). Food and Agriculture Organization of the United Nations. May 2012. pp. 8, 51–54. Archived (PDF) from the original on May 22, 2012. Retrieved August 1, 2012.
- "*World Dairy Cow Numbers*". [FAO]. January 14, 2014. Archived from the original on March 23, 2014. Retrieved March 23, 2014.
- Anand Kumar (October 21, 2013). "*India emerging as a leading milk product exporter*". Dawn. Pakistan. Archived from the original on June 30, 2015. Retrieved June 3, 2015.
- "*Government scraps incentive on milk powder exports to check prices*". timesofindia-economictimes. Archived from the original on June 30, 2015. Retrieved June 3, 2015.
- "*Milk quality in India*". milkproduction.com. Archived from the original on June 30, 2015. Retrieved June 3, 2015.
- "*Top Milk Exporting Countries*". Retrieved July 3, 2019.
- Gagnon-Joseph, Nathalie (February 17, 2016). "*Three approaches to the milk glut*". The Chronicle. Barton, Vermont. pp. 1A, 24A, 25A. Archived from the original on March 7, 2016. Retrieved March 1, 2016.

- Hemme, T.; Otte, J., eds. (2010). *Status and Prospects for Smallholder Milk Production: A Global Perspective* (PDF). Food and Agriculture Organization of the United Nations. Archived (PDF) from the original on January 19, 2012. Retrieved December 1, 2011.
- "milk – Search Online Etymology Dictionary". www.etymonline.com. Archived from the original on May 25, 2017. Retrieved January 30, 2018.
- Codex Alimentarius Commission. "General Standard for the Use of Dairy Terms 206-1999" (PDF). Archived (PDF) from the original on July 9, 2017.
- Gussekloo, S.W.S. (2006). "Chapter 2: Feeding Structures in Birds". In Bels, V (ed.). *Feeding in Domestic Vertebrates: From Structure to Behaviour*. CABI Publishing. p. 22. ISBN 978-1-84593-063-9. "A remarkable adaptation can be found in the crop of pigeons. During the breeding season the crop produces a yellow-white fat-rich secretion known as crop milk that is used to feed the nestlings. ... The crop milk resembles strongly the milk produced by mammals, except for the fact that carbohydrates and calcium are missing in crop milk."
- Uruakpa, F.O.; Ismond, M.A.H.; Akobundu, E.N.T. (2002). "Colostrum and its benefits: A review". **Nutrition Research**. **22** (6): 755–67. doi:10.1016/S0271-5317(02)00373-1.
- Blood DC, Studdert VP, Gay CC (2007). *Saunders Comprehensive Veterinary Dictionary*. St. Louis, MO: Saunders Elsevier. ISBN 978-0-7020-2789-5.
- The World Health Organization's infant feeding recommendation Archived April 11, 2013, at the Wayback Machine WHO, based on "Global strategy on infant and young child feeding" (2002). Retrieved February 8, 2013.
- Dettwyler, Katherine A. (October 1997). "When to Wean". *Natural History*. Archived from the original on June 6, 2013. Retrieved February 8, 2013.
- Basnet, S.; Schneider, M.; Gazit, A.; Mander, G.; Doctor, A. (April 2010). "Fresh Goat's Milk for Infants: Myths and Realities – A Review". **Pediatrics**. **125** (4): e973–77. doi:10.1542/peds.2009-1906. PMID 20231186. S2CID 31557323.
- Curry, Andrew (July 31, 2013). "Archaeology: The milk revolution". **Nature**. **500** (7460): 20–22. Bibcode:2013Natur.500...20C. doi:10.1038/500020a. PMID 23903732.
- "Nutrition for Everyone: Basics: Saturated Fat – DNPAAO". Centers for Disease Control and Prevention. Archived from the original on January 29, 2014. Retrieved June 16, 2017.
- "Eat less saturated fat". National Health Service. April 27, 2018. Archived from the original on April 24, 2015. Retrieved April 25, 2015.
- McGee, Harold (2004) [1984]. "Milk and Dairy Products". In *Food and Cooking: The Science and Lore of the Kitchen* (2nd ed.). New York: Scribner. pp. 7–67. ISBN 978-0-684-80001-1.

- "*World's No 1 Milk Producer*". Indiadairy.com. Archived from the original on May 16, 2010. Retrieved August 28, 2010.
- Goff, Douglas. "*Introduction to Dairy Science and Technology: Milk History, Consumption, Production, and Composition: World-wide Milk Consumption and Production*". Dairy Science and Technology. University of Guelph. Archived from the original on November 12, 2014. Retrieved November 12, 2014.
- Bellwood, Peter (2005). "*The Beginnings of Agriculture in Southwest Asia*". First Farmers: the origins of agricultural societies. Malden, MA: Blackwell Publusing. pp. 44–68. ISBN 978-0-631-20566-1.
- Bellwood, Peter (2005). "*Early Agriculture in the Americas*". First Farmers: the origins of agricultural societies. Malden, MA: Blackwell Publusing. pp. 146–79. ISBN 978-0-631-20566-1.
- Beja-Pereira, A.; Caramelli, D.; Lalueza-Fox, C.; Vernesi, C.; Ferrand, N.; Casoli, A.; Goyache, F.; Royo, L.J.; Conti, S.; Lari, M.; Martini, A.; Ouragh, L.; Magid, A.; Atash, A.; Zsolnai, A.; Boscato, P.; Triantaphylidis, C.; Ploumi, K.; Sineo, L.; Mallegni, F.; Taberlet, P.; Erhardt, G.; Sampietro, L.; Bertranpetit, J.; Barbujani, G.; Luikart, G.; Bertorelle, G. (2006). "The origin of European cattle: Evidence from modern and ancient DNA". *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 103 (21): 8113–18. doi:10.1073/pnas.0509210103. PMC 1472438. PMID 16690747.
- Sherratt, Andrew (1981). "*Plough and pastoralism: aspects of the secondary products revolution*". In Hodder, I.; Isaac, G.; Hammond, N. (eds.). *Pattern of the Past: Studies in honour of David Clarke*. Cambridge: Cambridge University Press. pp. 261–305. ISBN 978-0-521-22763-6.
- Vigne, D.; Helmer, J.-D. (2007). "*Was milk a 'secondary product' in the Old World Neolithisation process? Its role in the domestication of cattle, sheep and goats*" (PDF). **Anthropozoologica**. 42 (2): 9–40. Archived from the original (PDF) on May 10, 2013.
- Evershed, R.P.; Payne, S.; Sherratt, A.G.; Copley, M.S.; Coolidge, J.; Urem-Kotsu, D.; Kotsakis, K.; Ozdoğan, M.; Ozdoğan, A.E.; Nieuwenhuyse, O.; Akkermans, P.M.M.G.; Bailey, D.; Andeescu, R.R.; Campbell, S.; Farid, S.; Hodder, I.; Yalman, N.; Ozbaşaran, M.; Bıçakci, E.; Garfinkel, Y.; Levy, T.; Burton, M.M. (2008). "Earliest date for milk use in the Near East and southeastern Europe linked to cattle herding". *Nature*. 455 (7212): 528–31. doi:10.1038/nature07180. PMID 18690215. S2CID 205214225.
- Price, T.D. (2000). "*Europe's first farmers: an introduction*". In T.D. Price (ed.). *Europe's First Farmers*. Cambridge: Cambridge University Press. pp. 1–18. ISBN 978-0-521-66203-1.
- Meadow, R.H. (1996). "*The origins and spread of agriculture and pastoralism in northwestern South Asia*". In D.R. Harris (ed.). *The origins and spread of agriculture and pastoralism in Eurasia*. London: UCL Press. pp. 390–412. ISBN 978-1-85728-538-3.

- Craig, Oliver E.; John Chapman; Carl Heron; Laura H. Willis; László Bartosiewicz; Gillian Taylor; Alasdair Whittle; Matthew Collins (2005). "*Did the first farmers of central and eastern Europe produce dairy foods?*". **Antiquity**. **79** (306): 882–94. arXiv:0706.4406. doi:10.1017/S0003598X00115017. hdl:10149/136330.
- Copley, M.S.; Berstan, R.; Mukherjee, A.J.; Dudd, S.N.; Straker, V.; Payne, S.; Evershed, R.P. (2005). "*Dairying in antiquity. III. Evidence from absorbed lipid residues dating to the British Neolithic*". *Journal of Archaeological Science*. **32** (4): 523–56. doi:10.1016/j.jas.2004.08.006.
- Anthony, D.W. (2007). *The Horse, the Wheel, and Language*. Princeton, NJ: Princeton University Press. ISBN 978-0-691-05887-0.
- Gifford-Gonzalez, D. (2004). "*Pastoralism and its Consequences*". In A.B. Stahl (ed.). *African archaeology: a critical introduction*. Malden, MA: Blackwell Publishing. pp. 187–224. ISBN 978-1-4051-0155-4.
- Peters, J. (1997). "*The dromedary: Ancestry, history of domestication and medical treatment in early historic times*". *Tierärztliche Praxis. Ausgabe G, Grosstiere/Nutztiere*. **25** (6): 559–65. PMID 9451759.
- Pećanac, M.; Janjić, Z.; Komarcević, A.; Pajić, M.; Dobanovacki, D.; Misković, SS. (2013). "*Burns treatment in ancient times*". **Med Pregl**. **66** (5–6): 263–67. doi:10.1016/s0264-410x(02)00603-5. PMID 23888738.
- Valenze, D.M. (2011). "*Virtuous White Liquor in the Middle Ages*". *Milk: a local and global history*. New Haven: Yale University Press. p. 34. ISBN 978-0-300-11724-0.
- Kamila, Avery Yale (November 8, 2020). "*Americans have been enjoying nut milk and nut butter for at least 4 centuries*". *Portland Press Herald*. Retrieved January 6, 2021.
- "*Wabanaki Enjoying Nut Milk and Butter for Centuries*". *Atowi*. Retrieved January 7, 2021.
- Diemer-Eaton, Jessica (2014). "*Food Nuts of the Eastern Woodlands Native Peoples*". *Woodland Indian Educational Programs*. Retrieved January 7, 2021.
- Bowling, G. A. (February 1, 1942). "*The Introduction of Cattle into Colonial North America**". *Journal of Dairy Science*. **25** (2): 129–154. doi:10.3168/jds.S0022-0302(42)95275-5. ISSN 0022-0302.
- P.J. Atkins (1978). "*The Growth of London's Railway Milk Trade, c. 1845–1914*". **Journal of Transport History**. **ss-4** (4): 208–26. doi:10.1177/002252667800400402. S2CID 158443104.
- "*The History of Milk*". *DairyCo*. Archived from the original on January 16, 2014.
- "*The History Of Milk*", *About.com*. Retrieved August 13, 2010.
- Vallery-Radot, René (2003). *Life of Pasteur 1928*. pp. 113–14. ISBN 978-0-7661-4352-4. Archived from the original on January 1, 2016. Retrieved November 22, 2015.

- Carlisle, Rodney (2004). *Scientific American Inventions and Discoveries*, p. 357. John Wiley & Sons, Inc., New Jersey. ISBN 0-471-24410-4.
- Peter Atkins. "*The pasteurization of England: the science, culture and health implications of food processing, 1900-1950*". Food, Science, Policy and Regulation in the 20Th Century.
- Hwang, Andy; Huang, Lihan (January 31, 2009). Ready-to-Eat Foods: Microbial Concerns and Control Measures. CRC Press. p. 88. ISBN 978-1-4200-6862-7. Archived from the original on June 2, 2013. Retrieved April 19, 2011.
- Gerosa and Skoet (2012). "*Milk availability – Trends in production and demand and medium-term outlook*" (PDF). Food and Agriculture Organization, United Nations. Archived (PDF) from the original on September 6, 2012. Retrieved August 1, 2012.
- Why Bank Milk? Archived August 7, 2013, at the Wayback Machine Human Milk Banking Association of North America
- Grandell, Tommy (July 7, 2004). "*Sweden's healthy moose cheese is a prized delicacy*". GoUpstate. Retrieved January 24, 2020.
- "*About Bison: Frequently Asked Questions*". National Bison Association. Archived from the original on February 11, 2006. Retrieved August 16, 2009.
- Allen, Joel Asaph (June 1877). "*Part II., Chapter 4. Domestication of the Buffalo*". In Elliott Coues, Secretary of the Survey (ed.). History of the American Bison: bison americanus. extracted from the 9th Annual Report of the United States Geological Survey (1875). Washington, DC: Department of the Interior, United States Geological Survey, Government Printing Office. pp. 585–86. OCLC 991639. Retrieved August 16, 2009.
- O'Connor, George (March–April 1981). "*The Basics of Beefalo Raising*". Mother Earth News (68). Archived from the original on May 4, 2007. Retrieved February 8, 2011.
- "*Waarom drinken we de melk van varkens niet?*". NRC.
- "*Nieuw (en peperduur): kaas van varkensmelk – Plezier in de Keuken*". August 26, 2015. Archived from the original on January 1, 2018. Retrieved January 30, 2018.
- "*Dairy Market Review - Food and Agriculture Organization of the United Nations*" (PDF). UN Food & Agriculture Organization. Archived from the original (PDF) on July 11, 2019. Retrieved June 28, 2020.
- "*Milk, whole fresh cow producers*". UN Food & Agriculture Organization. Archived from the original on July 13, 2011. Retrieved April 22, 2016.
- "*Milk, whole fresh sheep producers*". UN Food & Agriculture Organization. Archived from the original on July 13, 2011. Retrieved April 22, 2016.
- "*Milk, whole fresh goat producers*". UN Food & Agriculture Organization. Archived from the original on July 13, 2011. Retrieved April 22, 2016.

- "*Milk, whole fresh buffalo producers*". UN Food & Agriculture Organization. Archived from the original on July 13, 2011. Retrieved April 22, 2016.
- "*Dairy production and products: Milk production*". Food and Agriculture Organization. Archived from the original on December 8, 2015. Retrieved December 3, 2015.
- "*Milk and milk product statistics – Statistics Explained*". European Commission. Archived from the original on November 28, 2015. Retrieved December 3, 2015.
- Henriksen, J. (2009) "*Milk for Health and Wealth*".[permanent dead link] FAO Diversification Booklet Series 6, Rome
- Sinha, O.P. (2007) *Agro-industries characterization and appraisal: Dairy in India* Archived November 13, 2012, at the Wayback Machine, FAO, Rome
- "*International Committee for Animal Recording*". ICAR – icar.org. Archived from the original on July 31, 2012. Retrieved August 1, 2012.
- FAOSTAT, Yield data 2010 – Cow milk, whole, fresh Archived February 13, 2012, at the Wayback Machine, FAOSTAT, Food And Agricultural Organization of the United Nations; faostat.fao.org. Retrieved August 1, 2012.
- Wayne Arnold, "*A Thirst for Milk Bred by New Wealth Sends Prices Soaring*", The New York Times September 4, 2007.
- Bewley, Elizabeth (June 24, 2010). "*Dairy farmers tackle big coops*". Burlington Free Press. Burlington, VT. pp. 8B.
- <https://www.kanjabung.com/daerah-penghasil-susu-terbanyak-di-indonesia/>

2

Kimia Susu

Konstituen utama susu adalah air, lemak, protein, laktosa (gula susu) dan mineral (garam). Susu juga mengandung sejumlah kecil zat lain seperti pigmen, enzim, vitamin, fosfolipid (zat dengan sifat mirip lemak), dan gas.

Residu yang tertinggal saat air dan gas dihilangkan disebut bahan kering (DM) atau kandungan padatan total pada susu.

Susu adalah produk yang sangat kompleks. Untuk mendeskripsikan berbagai unsur susu dan bagaimana pengaruhnya oleh berbagai tahapan pengolahan dalam produk susu, perlu menggunakan terminologi kimiawi. Oleh karena itu, bab tentang kimia susu ini dimulai dengan tinjauan singkat tentang beberapa konsep kimia dasar.

Konsep Kimia Dasar

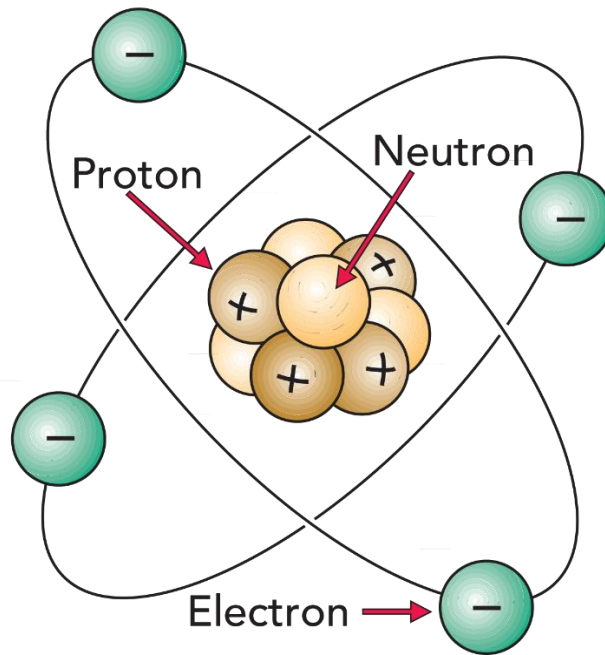
Atom

Atom adalah bahan penyusun terkecil dari semua materi di alam dan tidak dapat dibagi secara kimiawi. Zat yang semua atomnya memiliki jenis yang sama disebut unsur. Lebih dari 100 elemen dikenal saat ini. Contohnya adalah oksigen, karbon, tembaga, hidrogen dan besi. Namun, sebagian besar zat yang terjadi secara alami terdiri dari beberapa elemen berbeda. Udara misalnya, merupakan campuran oksigen, nitrogen, karbondioksida dan gas mulia, sedangkan air merupakan senyawa kimia dari unsur hidrogen dan oksigen.

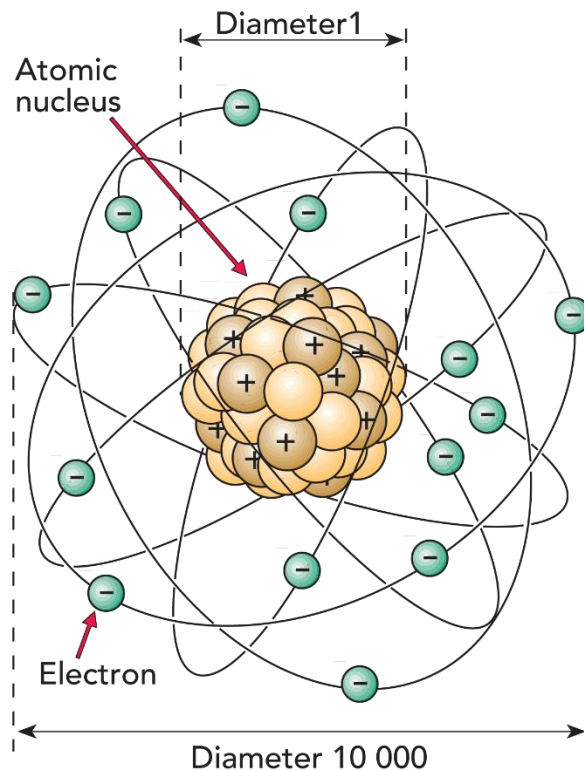
Inti atom terdiri dari proton dan neutron, Gambar 2.1. Proton membawa muatan unit positif, sedangkan neutron secara elektrik netral. Elektron, yang mengorbit inti, membawa muatan negatif yang sama dan berlawanan dengan muatan satuan proton.

Sebuah atom mengandung jumlah proton dan elektron yang sama dengan jumlah muatan positif dan negatif yang sama. Oleh karena itu atom netral secara elektrik.

Sebuah atom sangat kecil, Gambar 2.2. Jumlah atom dalam koin tembaga kecil sebanyak jumlah detik dalam seribu juta tahun! Meski begitu, atom sebagian besar terdiri dari ruang kosong. Jika kita menyebut diameter inti atom satu, diameter seluruh atom adalah sekitar 10.000.



Gambar 2.1. Inti atom terdiri dari proton dan neutron. Elektron mengorbit inti.



Gambar 2.2. Inti atom sangat kecil jika dibandingkan dengan atom sehingga jika diperbesar seukuran bola tenis, kulit elektron terluar akan berada 325 meter dari pusat.

Ion

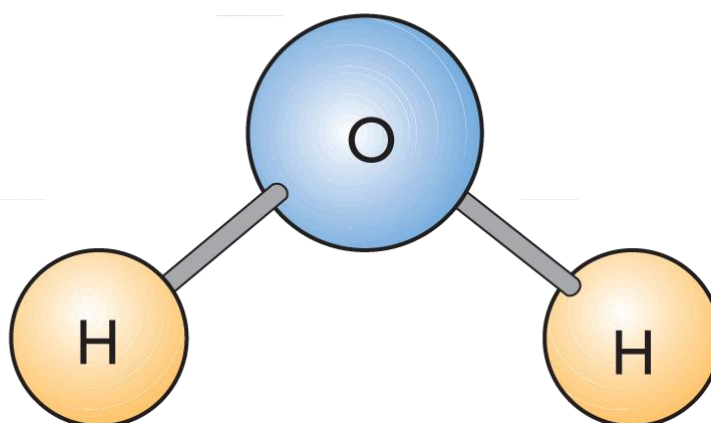
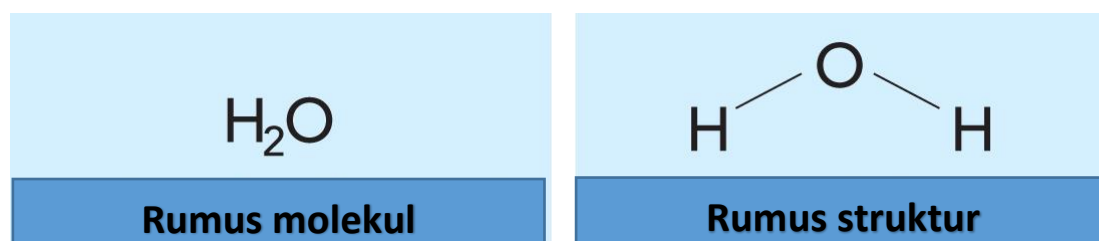
Sebuah atom bisa kehilangan atau mendapatkan satu atau lebih elektron. Atom seperti itu tidak lagi netral secara elektrik. Itu disebut ion. Jika ion mengandung lebih banyak elektron daripada proton, ia bermuatan negatif, tetapi jika telah kehilangan satu atau lebih elektron, ia bermuatan positif.

Ion positif dan negatif selalu ada pada waktu yang bersamaan; yaitu dalam larutan sebagai kation (muatan positif) dan anion (muatan negatif) atau dalam bentuk padat sebagai garam. Garam biasa terdiri dari ion natrium (Na) dan klor (Cl) dan memiliki rumus NaCl (natrium klorida).

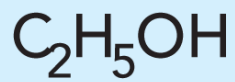
Molekul

Atom dari unsur yang sama atau unsur yang berbeda dapat bergabung menjadi satuan yang lebih besar, yang disebut molekul. Molekul kemudian dapat membentuk zat padat, mis. besi (Fe) atau pasir mengandung silika (SiO_2), cairan, misalnya air (H_2O), atau gas, mis. hidrogen (H_2). Jika molekul utamanya terdiri dari atom karbon (C), hidrogen (H_2) dan oksigen (O_2), senyawa yang terbentuk dikatakan organik, yaitu dihasilkan dari unsur organik. Contohnya adalah asam laktat ($\text{C}_3\text{H}_6\text{O}_3$). Rumusnya berarti bahwa molekul tersebut terdiri dari tiga atom karbon, enam atom hidrogen, dan tiga atom oksigen.

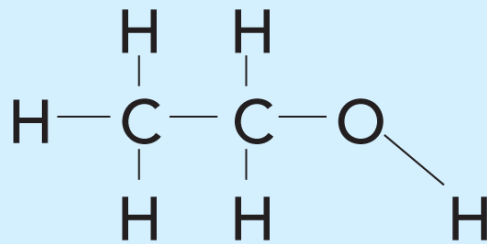
Jumlah atom dalam suatu molekul dapat sangat bervariasi. Ada molekul yang terdiri dari dua atom yang terhubung, dan yang lainnya terdiri dari ratusan atom.



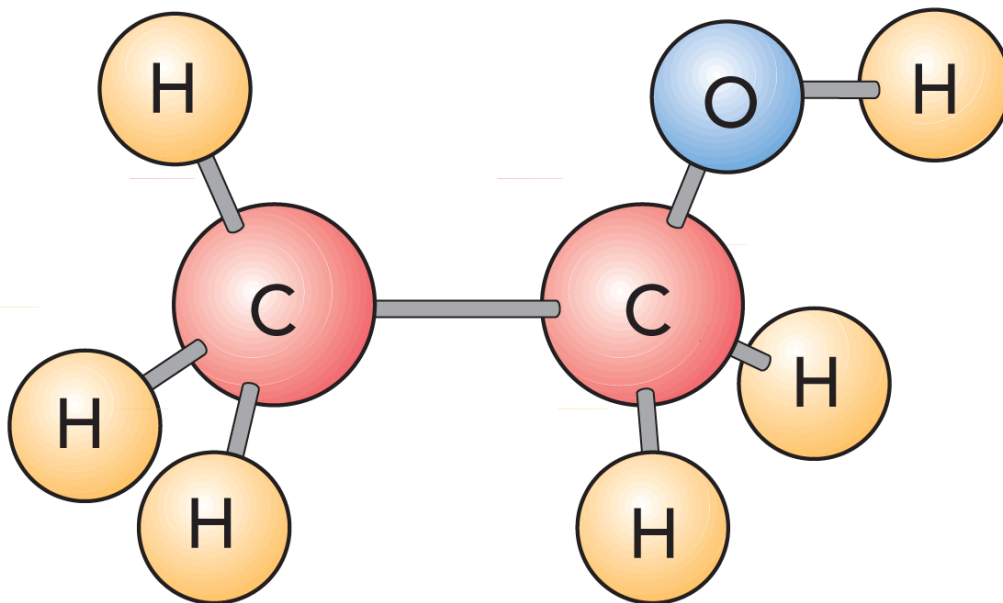
Gambar 2.3. Tiga cara melambangkan molekul air



Rumus molekul



Rumus struktur



Gambar 2.4. Tiga cara melambangkan molekul etil alkohol

Sifat Kimia Fisika Dasar Susu Sapi

Susu sapi terdiri dari sekitar 87% air dan 13% zat kering, tabel 2.1. Zat kering tersuspensi atau dilarutkan dalam air. Bergantung pada jenis padatan dan ukuran partikel (tabel 2.2), terdapat sistem distribusi yang berbeda dalam fasa air.

Tabel-2.1. Status Kimia-Fisika Susu Sapi

Komposisi rata-rata (%)		Jenis emulsi minyak/air	Larutan koloid/suspensi	Larutan sejati
Kadar air	87,5			
Lemak	3,9	x		
Protein	3,4		x	
Laktosa	4,8			x
Mineral	0,8			x

Senyawa organik terutama mengandung karbon, oksigen dan hidrogen. Senyawa anorganik terutama mengandung atom lain.

Tabel 2.2. Ukuran relatif partikel dalam susu.

Ukuran (mm)	Jenis partikel
$10^{-2} - 10^{-3}$	Globula lemak
$10^{-4} - 10^{-5}$	Kasein-kalsium fosfat
$10^{-5} - 10^{-6}$	Protein dadih
$10^{-6} - 10^{-7}$	Laktosa, garam-garam dan zat-zat lain dalam larutan sejati

Definisi

Emulsi: suspensi tetesan satu cairan ke cairan lain. Susu adalah emulsi minyak dalam air (o / w), mentega merupakan emulsi air dalam minyak (w / o), Gambar 2.5. Cairan yang terbagi halus dikenal sebagai fase terdispersi dan yang lainnya sebagai fase kontinu.

Larutan kolodial: ketika materi berada dalam keadaan terbagi antara larutan sejati (misalnya gula dalam air) dan suspensi (misalnya kapur dalam air), ia dikatakan berada dalam larutan koloid atau suspensi koloid.

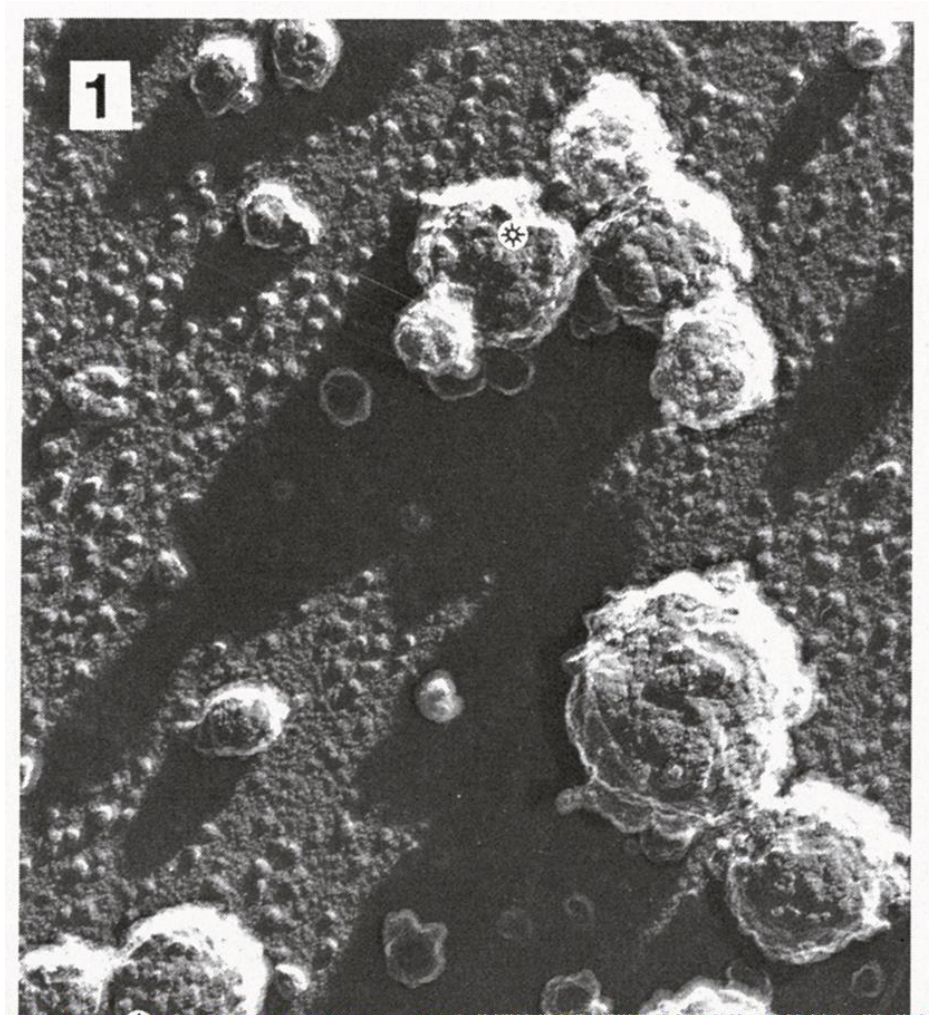
**Gambar 2.5**

Ketika susu dan krim berubah menjadi mentega, terjadi pembalikan fase dari emulsi minyak dalam air menjadi emulsi air dalam minyak.

Ciri khas koloid adalah:

- Ukuran partikel kecil
- Muatan listrik dan
- Afinitas partikel untuk molekul air.

Dalam susu, protein whey hadir sebagai larutan koloid dan kasein yang relatif lebih besar sebagai suspensi koloid (lihat gambar 2.6).

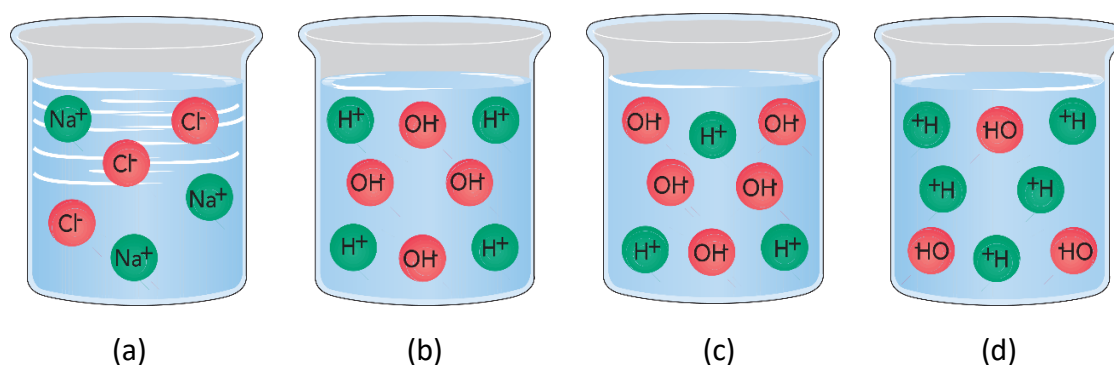


Gambar 2.6. Protein susu dapat dibuat terlihat dengan mikroskop elektron

Zat seperti garam menggoyahkan sistem koloid dengan mengubah pengikatan air dan dengan demikian mengurangi kelarutan protein. Faktor-faktor seperti panas menyebabkan terungkapnya protein whey (dadih) dan meningkatkan interaksi antara protein dan alkohol dapat menyebabkan dehidrasi partikel.

Larutan sejati: Materi yang, jika dicampur dengan air atau cairan lain, membentuk larutan sejati, dibagi menjadi:

- Larutan non-ionik. Ketika laktosa dilarutkan dalam air, tidak ada perubahan penting yang terjadi pada struktur molekul laktosa.
- Larutan ionik. Ketika garam biasa dilarutkan dalam air, kation (Na^+) dan anion (Cl^-) terdispersi di dalam air, membentuk elektrolit, Gambar 2.7.



Gambar-2.7. (a) Larutan sejati; (b) larutan netral dengan pH 7; (c) larutan basa (alkalis) dengan pH > 7; dan (d) larutan asam dengan pH < 7.

Keasaman Larutan

Ketika asam (misalnya asam klorida, HCl) dicampur dengan air, ia melepaskan ion hidrogen (proton) dengan muatan positif (H^+). Ini dengan cepat mengikatkan diri pada molekul air, membentuk ion hidrogen (H_3O^+).

Ketika basa (oksida logam atau hidroksida) ditambahkan ke air, ia membentuk larutan basa atau basa. Ketika basa larut, ia melepaskan ion hidroksida (OH^-).

- Larutan yang mengandung ion hidroksida dan hidrogen dalam jumlah yang sama adalah larutan netral. Gambar 2.7b.
- Larutan yang mengandung lebih banyak ion hidroksida daripada ion hidrogen bersifat basa. Gambar 2.7c.
- Larutan yang mengandung lebih banyak ion hidrogen daripada ion hidroksida adalah asam. Gambar 2.7d.

pH

Keasaman suatu larutan ditentukan sebagai konsentrasi ion hidrogen. Namun, ini sangat bervariasi dari satu larutan ke larutan lainnya. Simbol pH digunakan untuk menunjukkan konsentrasi ion hidrogen.

Secara matematis, pH didefinisikan sebagai logaritma negatif terhadap basa 10 konsentrasi ion hidrogen yang dinyatakan dalam molaritas, yaitu $\text{pH} = -\log [\text{H}^+]$. Ini menghasilkan skala berikut pada 25 °C:

- $\text{pH} < 7$ — larutan asam
- $\text{pH} = 7$ — larutan netral
- $\text{pH} > 7$ — larutan basa

Netralisasi

Ketika asam dicampur dengan alkali, ion hidrogen dan hidroksida bereaksi satu sama lain untuk membentuk air. Jika asam dan basa dicampur dalam proporsi tertentu, campuran yang dihasilkan akan netral, tanpa kelebihan ion hidrogen atau hidroksida dan dengan pH 7. Operasi ini disebut netralisasi dan rumus kimianya:



Netralisasi menghasilkan pembentukan garam. Ketika asam klorida (HCl) dicampur dengan natrium hidroksida (NaOH), keduanya bereaksi membentuk natrium klorida (NaCl) dan air (H₂O). Garam-garam asam klorida disebut klorida, dan garam-garam lain dinamai serupa dengan asam yang membentuknya: asam sitrat membentuk sitrat, asam nitrat membentuk nitrat, dan seterusnya.

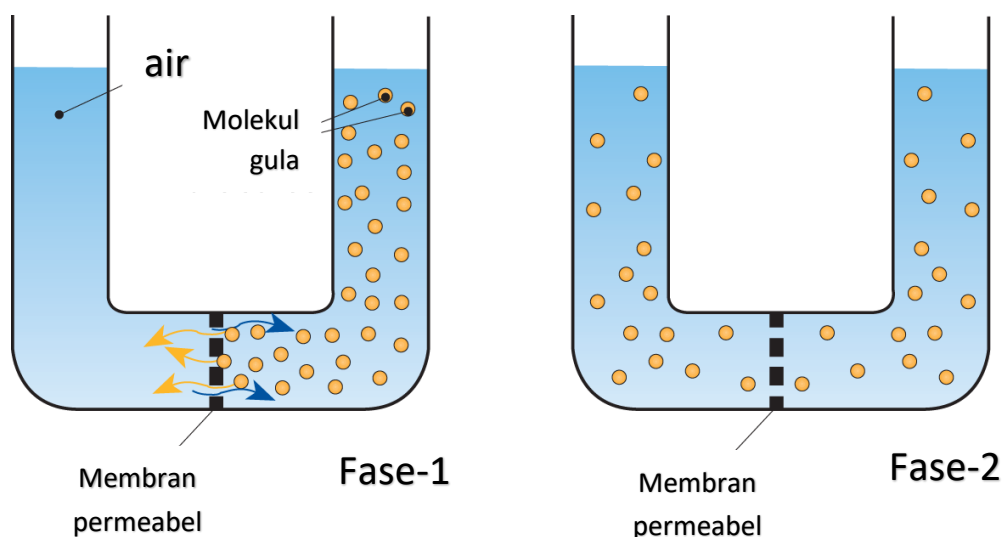
Difusi

Partikel yang ada dalam larutan - ion, molekul, atau koloid - dipengaruhi oleh gaya yang menyebabkannya bermigrasi (berdifusi) dari area dengan konsentrasi tinggi ke area dengan konsentrasi rendah. Proses difusi berlanjut hingga seluruh larutan homogen, dengan konsentrasi yang sama seluruhnya.

Pelarutan gula dalam secangkir kopi adalah contoh difusi. Gula larut dengan cepat dalam minuman panas, dan molekul gula berdifusi hingga terdistribusi secara merata di dalam minuman.

Laju difusi bergantung pada kecepatan partikel, yang selanjutnya bergantung pada suhu, ukuran partikel, dan perbedaan konsentrasi antara berbagai bagian larutan.

Gambar 2.8 mengilustrasikan prinsip proses difusi. Tabung-U dibagi menjadi dua kompartemen oleh membran permeabel. Kaki kiri kemudian diisi dengan air dan kaki kanan dengan larutan gula yang molekulnya dapat melewati membran. Setelah beberapa saat, melalui difusi, konsentrasi di kedua sisi membran disamakan.



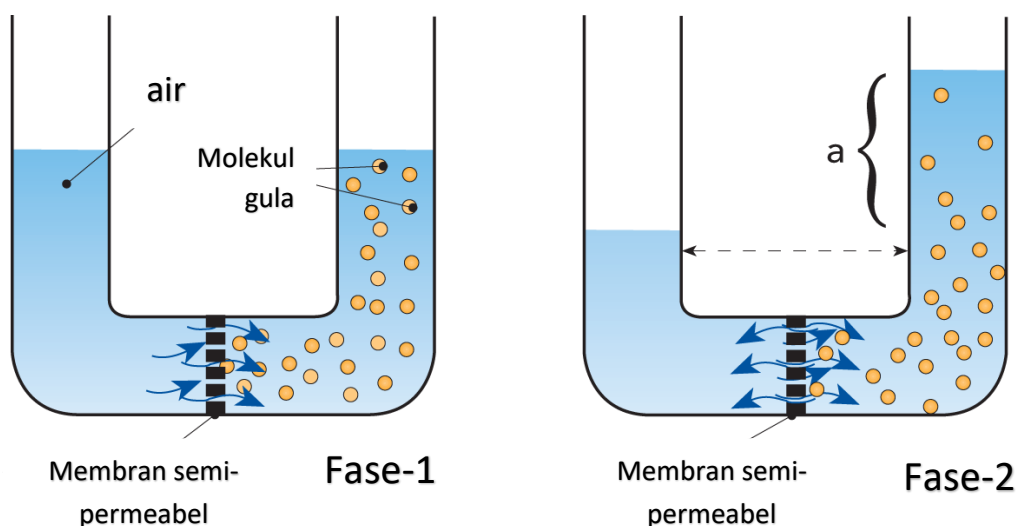
Gambar-2.8. Molekul gula berdifusi melalui membran permeabel dan molekul air berdifusi ke arah yang berlawanan untuk menyamakan konsentrasi larutan.

Osmosis

Osmosis adalah istilah yang digunakan untuk menggambarkan aliran air murni secara spontan ke dalam larutan berair, atau dari larutan yang lebih sedikit ke larutan yang lebih pekat, ketika dipisahkan oleh membran yang sesuai. Fenomena osmosis dapat diilustrasikan dengan contoh yang ditunjukkan pada Gambar 2.9. Tabung-U dibagi menjadi dua kompartemen oleh membran semi permeabel. Kaki kiri diisi dengan air dan kaki kanan dengan larutan gula yang molekulnya tidak dapat melewati membran. Sekarang molekul air akan berdifusi melalui membran ke dalam larutan gula dan mengencerkannya ke konsentrasi yang lebih rendah. Proses ini disebut osmosis.

Volume larutan gula meningkat saat diencerkan. Permukaan larutan naik seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.9, dan tekanan hidrostatik, a , larutan pada membran menjadi lebih tinggi daripada tekanan air di sisi lain. Dalam keadaan ketidakseimbangan ini, molekul air mulai berdifusi kembali ke arah yang berlawanan di bawah pengaruh tekanan hidrostatik yang lebih tinggi dalam larutan.

Ketika difusi air di kedua arah sama, sistem berada dalam kesetimbangan. Jika tekanan hidrostatik awalnya diterapkan pada larutan gula, asupan air melalui membran dapat dikurangi. Tekanan hidrostatik yang diperlukan untuk mencegah pemerataan konsentrasi dengan difusi air ke dalam larutan gula disebut tekanan osmotik larutan.

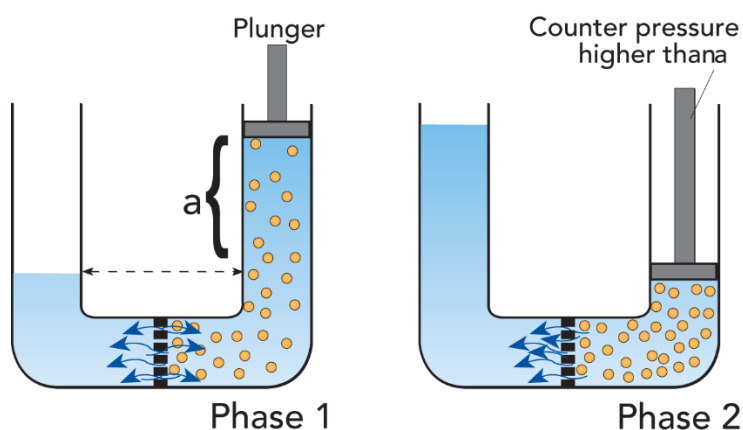


Gambar-2.9. Molekul gula terlalu besar untuk berdifusi melalui membran semi permeabel. Hanya molekul air kecil yang dapat berdifusi untuk menyamakan konsentrasi. "a" adalah tekanan osmotik larutan.

Ketika difusi air di kedua arah sama, sistem berada dalam kesetimbangan. Jika tekanan hidrostatik awalnya diterapkan pada larutan gula, asupan air melalui membran dapat dikurangi. Tekanan hidrostatik yang diperlukan untuk mencegah pemerataan konsentrasi dengan difusi air ke dalam larutan gula disebut tekanan osmotik larutan.

Reverse osmosis

Jika tekanan yang lebih tinggi dari tekanan osmotik diterapkan pada larutan gula, molekul air dapat dibuat berdifusi dari larutan ke air, sehingga meningkatkan konsentrasi larutan. Proses ini diilustrasikan pada Gambar 2.10 digunakan secara komersial untuk memusatkan larutan dan disebut Reverse Osmosis (RO).

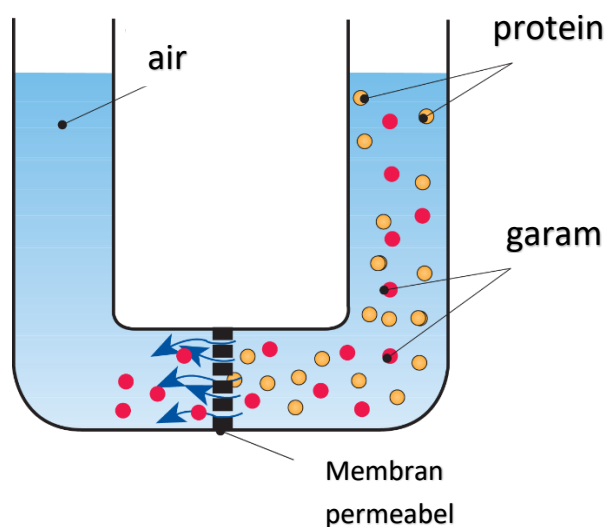


Gambar-2.10. Jika tekanan lebih tinggi dari tekanan osmotik diterapkan pada larutan gula, molekul air berdifusi dan larutan menjadi lebih pekat.

Dialisis

Dialisis adalah teknik yang menggunakan perbedaan konsentrasi sebagai kekuatan pendorong untuk memisahkan partikel besar dari partikel kecil dalam suatu larutan, misalnya protein dari garam. Larutan yang akan diolah ditempatkan di satu sisi membran, dan pelarut (air) di sisi lain. Membran memiliki pori-pori dengan diameter yang memungkinkan molekul garam kecil melewatinya, tetapi terlalu kecil untuk dilewati molekul protein, lihat Gambar 2.11.

Laju difusi bervariasi dengan perbedaan konsentrasi, sehingga dialisis dapat dipercepat jika pelarut di sisi lain membran sering diganti.



Gambar-2.11. Mengencerkan larutan di satu sisi membran memusatkan molekul besar saat molekul kecil melewatinya.

Komposisi Susu Sapi

Kuantitas berbagai unsur utama susu dapat sangat bervariasi antara sapi dari ras yang berbeda dan di antara sapi individu dari ras yang sama. Oleh karena itu hanya nilai batas yang dapat dinyatakan untuk variasi. Angka-angka pada Tabel 2.3 hanyalah contoh.

Selain padatan total, istilah padatan-non-lemak (SNF) digunakan dalam membahas komposisi susu. SNF adalah kandungan padatan total dikurangi kandungan lemaknya. Rata-rata kandungan SNF menurut Tabel 2: 3 adalah $13,0 - 3,9 = 9,1\%$. pH susu normal umumnya berkisar antara 6,6 - 6,8 dengan rata-rata 6,7 sebagai nilai yang paling umum. Nilai ini berlaku untuk pengukuran pH susu sekitar 25°C .

Tabel 2.3. Komposisi kuantitatif susu

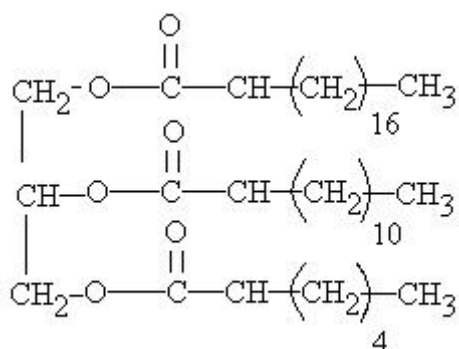
Konstituen utama	Batas variasi	Nilai rata-rata
Air	85,5 – 89,5	87,5
Total padatan	10,5 – 14,5	13,0
Lemak	2,5 – 6,0	3,9
Protein	2,9 – 5,0	3,4
Laktosa	3,6 – 5,5	4,8
Mineral	0,6 – 0,9	0,8

Lemak Susu

Halaman ini menjelaskan tentang sifat lemak susu. Ada pengantar singkat tentang Definisi dan Kimia Lemak Umum, diikuti oleh bagian tentang Kimia Lemak Susu, Sifat Fisik Lemak Susu, Kerusakan Lemak Susu, dan Pengaruh Perlakuan Panas pada Sifat Lemak Susu. Untuk detail lebih lanjut tentang komposisi dan sifat lemak susu lihat referensi oleh Fox dan McSweeney (1998), Parodi (2004), van Boekel dan Walstra (1995), Walstra et al. (1999), Weihrauch (1988).

Definisi Umum Lemak dan Kimia

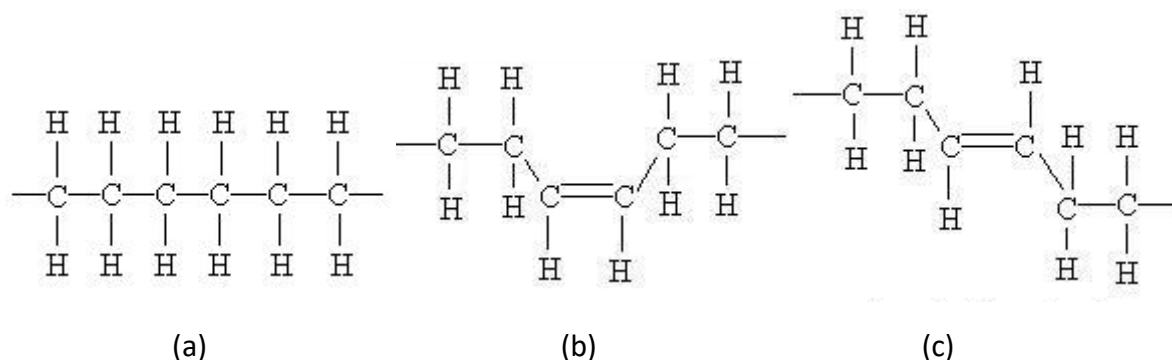
Lemak dibuat dari molekul asam lemak individu yang melekat pada gliserol, tulang punggung 3 karbon. Jenis lemak yang paling umum disebut trigliserida, atau triasilgliserol, yang mengandung 3 asam lemak yang menempel pada tulang punggung dan menyerupai garpu tanpa pegangan.



Gambar-2.12. Trigliserida.

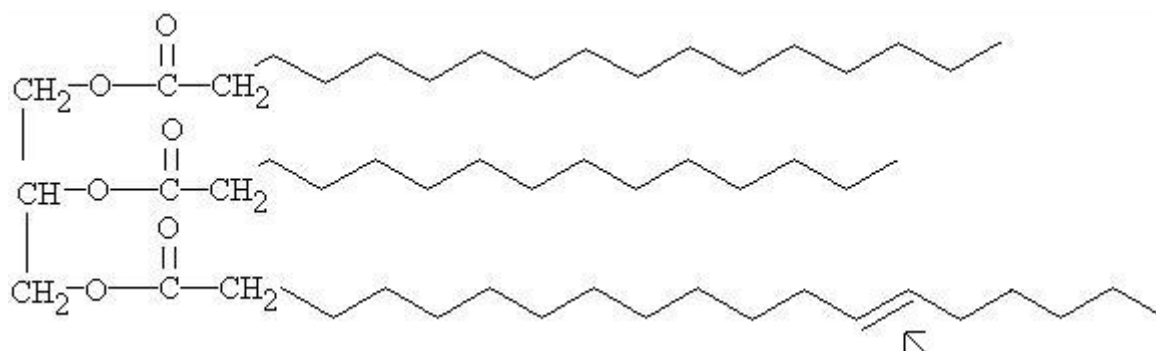
Karena ada banyak asam lemak berbeda yang bisa menempel pada tulang punggung, ada banyak jenis trigliserida atau lemak. Senyawa lemak juga dapat berupa digliserida yang memiliki 2 asam lemak atau monogliserida yang memiliki 1 asam lemak pada tulang punggung gliserol. Mono- dan digliserida digunakan sebagai pengemulsi, senyawa yang menjaga lemak dan air agar tidak terpisah dalam makanan seperti es krim.

Panjang asam lemak individu dapat berkisar dari 4 hingga 22 karbon, dan dapat berupa rantai lurus atau bercabang. Atom karbon memiliki 4 situs ikatan. Asam lemak mungkin jenuh, yang berarti bahwa setiap karbon memiliki ikatan tunggal dengan karbon lain dan 2 atom hidrogen, atau asam lemak mungkin tidak jenuh, yang berarti bahwa karbon memiliki dua ikatan dengan karbon yang berdekatan, disebut ikatan rangkap, dan satu ikatan tunggal ke karbon lain dan atom hidrogen. Lemak tak jenuh tunggal memiliki 1 ikatan rangkap dan lemak tak jenuh ganda memiliki 2 atau lebih ikatan rangkap dalam rantai karbon. Ikatan dalam asam lemak tak jenuh dapat berupa *cis* atau *trans*, bergantung pada arah rantai karbon berkelanjutan di setiap sisi ikatan rangkap. Ikatan *cis* berarti rantai asam lemak berlanjut pada sisi ikatan yang sama, membentuk bentuk U, dan ikatan *trans* berarti rantai asam lemak berlanjut pada sisi ikatan yang berlawanan, membentuk bentuk Z.



Gambar-2.13. (a) Ikatan jenuh; (b) Ikatan *cis*; dan (c) Ikatan *trans*.

Uraian singkat asam lemak adalah daftar jumlah karbon diikuti oleh titik dua dan jumlah ikatan rangkap. Misalnya, 4:0 adalah rantai 4 karbon tanpa ikatan rangkap, dan 18:1 adalah rantai 18 karbon dengan 1 ikatan rangkap. Untuk asam lemak tak jenuh, sebutan *c* digunakan untuk ikatan *cis* dan *t* digunakan untuk ikatan *trans*. Misalnya, C18:2 *c*, *c* adalah 18 rantai karbon dengan 2 ikatan rangkap yang keduanya adalah *cis*. Istilah omega-3 atau omega-6 mengacu pada karbon, baik karbon ke-3 atau ke-6 yang dimulai dari ujung rantai yang tidak terikat pada tulang punggung gliserol, di mana ikatan rangkap pertama muncul. Huruf Yunani omega, Ω, digunakan untuk mengidentifikasi posisi omega.



Gambar-2.14. Ikatan omega-6.

Senyawa lemak lainnya termasuk fosfolipid dan sterol. Fosfolipid memiliki struktur tipe trigliserida dasar tetapi ada gugus fosfat di posisi ke-3 pada tulang punggung karbon. Gugus

fosfat, kombinasi fosfor dan oksigen, menyediakan fosfolipid dengan sifat permukaan yang aktif pada antarmuka antara senyawa yang larut dalam air dan yang tidak, seperti lemak. Fosfolipid adalah komponen penting dari membran sel. Fosfolipid membentuk sekitar 1% lemak dalam susu. Dua fosfolipid yang paling melimpah adalah fosfatidil kolin dan sfingomyelin. Sphingomyelin telah terbukti memiliki efek perlindungan pada beberapa jenis kanker. Sterol, seperti kolesterol, adalah senyawa kimia kompleks yang merupakan komponen penting dari hormon.

Kimia Lemak Susu

Susu mengandung sekitar 3,4% lemak total. Lemak susu memiliki komposisi asam lemak paling kompleks dari lemak yang dapat dimakan. Lebih dari 400 asam lemak individu telah diidentifikasi dalam lemak susu. Namun, sekitar 15 hingga 20 asam lemak membentuk 90% lemak susu. Asam lemak utama dalam lemak susu adalah asam lemak rantai lurus yang jenuh dan memiliki 4 hingga 18 karbon (4:0, 6:0, 8:0, 10:0, 12:0, 14:0, 16:0, 18:0), asam lemak tak jenuh tunggal (16:1, 18:1), dan asam lemak tak jenuh ganda (18:2, 18:3). Beberapa asam lemak ditemukan dalam jumlah yang sangat kecil tetapi berkontribusi pada rasa lemak dan mentega susu yang unik dan diinginkan. Misalnya, asam lemak β -hidroksi C14:0 dan C16:0 secara spontan membentuk lakton pada saat pemanasan yang meningkatkan rasa mentega.

Komposisi asam lemak dari lemak susu tidak konstan selama siklus laktasi sapi. Asam lemak yang panjangnya 4 hingga 14 karbon dibuat di kelenjar susu hewan. Beberapa dari 16 asam lemak karbon dibuat oleh hewan dan beberapa berasal dari makanan hewan. Semua 18 asam lemak karbon berasal dari makanan hewani. Terdapat perubahan sistematis pada komposisi lemak susu yang disebabkan oleh tahap laktasi dan kebutuhan energi hewan. Pada masa laktasi awal, energi hewan sebagian besar berasal dari simpanan tubuh dan asam lemak yang tersedia untuk sintesis lemak terbatas, sehingga asam lemak yang digunakan untuk produksi lemak susu diperoleh dari makanan dan cenderung menjadi rantai yang lebih panjang 16:0, 18:0, 16:1 dan 18:2 asam lemak. Kemudian pada masa laktasi lebih banyak asam lemak pada susu yang terbentuk di kelenjar susu sehingga konsentrasi asam lemak rantai pendek seperti 4:0 dan 6:0 lebih tinggi dibandingkan pada awal laktasi. Perubahan komposisi asam lemak ini tidak berdampak besar pada kandungan nutrisi susu, tetapi mungkin berpengaruh pada karakteristik pemrosesan untuk produk seperti mentega.

Lemak susu mengandung sekitar 65% asam lemak tak jenuh tunggal, 30% tak jenuh tunggal, dan 5% tak jenuh ganda. Dari perspektif nutrisi, tidak semua asam lemak diciptakan sama. Asam lemak jenuh dikaitkan dengan kolesterol darah tinggi dan penyakit jantung. Namun, asam lemak rantai pendek (4 hingga 8 karbon) dimetabolisme secara berbeda dari asam lemak rantai panjang (16 hingga 18 karbon) dan tidak dianggap sebagai faktor penyebab penyakit jantung. Asam linoleat terkonjugasi adalah asam lemak trans dalam lemak susu yang bermanfaat bagi manusia dalam banyak hal. Masalah-masalah ini dibahas di bagian Susu dan Kesehatan Manusia.

Asam lemak tersusun pada molekul trigliserida (Gambar-2.12) dengan cara tertentu. Sebagian besar asam lemak rantai pendek berada pada posisi karbon terbawah dari molekul

trigliserida, dan asam lemak yang lebih panjang cenderung berada pada posisi tengah dan atas. Distribusi asam lemak pada tulang punggung trigliserida mempengaruhi rasa, fisik, dan sifat gizi lemak susu.

Sifat Fisika Lemak Susu

Lemak susu meleleh pada rentang suhu yang luas, dari sekitar -40°F (-40°C) hingga 104°F (40°C). Hal ini paling baik diilustrasikan oleh kekerasan mentega pada suhu lemari es versus suhu kamar. Pada suhu lemari es, mentega kira-kira 50% padat, tetapi hanya sekitar 20% padat pada suhu kamar, itulah sebabnya mentega menyebar lebih mudah saat suhu meningkat. Sifat leleh susu adalah hasil dari titik leleh asam lemak individu yang menyusun lemak susu dan pengaturannya pada molekul trigliserida.

Trigliserida lemak susu berbentuk gumpalan. Gumpalan tersebut dikelilingi oleh protein dan membran fosfolipid yang menstabilkan gumpalan dalam fase serum (air) susu. Gumpalan asli memiliki ukuran mulai dari kurang dari $1\ \mu\text{m}$ hingga lebih dari $10\ \mu\text{m}$. Distribusi ukuran yang tidak merata memungkinkan butiran yang lebih besar mengapung dalam proses yang disebut creaming, sehingga menghasilkan "garis krim" di bagian atas wadah. Susu dihomogenisasi untuk mengurangi ukuran gumpalan besar menjadi kurang dari $1\ \mu\text{m}$, membuat distribusi gumpalan seragam di seluruh fase serum, dan meminimalkan pembentukan krim.

Emulsi distabilkan oleh membran sangat tipis hanya setebal 10-20 nm ($1\ \text{nm} = 10^{-9}$) yang mengelilingi globula dan memiliki komposisi lengkap.

Lemak susu terdiri dari trigliserida (komponen yang mendominasi), di- dan monogliserida, asam lemak, sterol, karotenoid (memberikan warna kuning pada lemak) dan vitamin-vitamin (A, D, E dan K). Unsur-unsur renik berupa komponen minor. Komposisi globula lemak susu ditampilkan dalam Gambar-2.15.

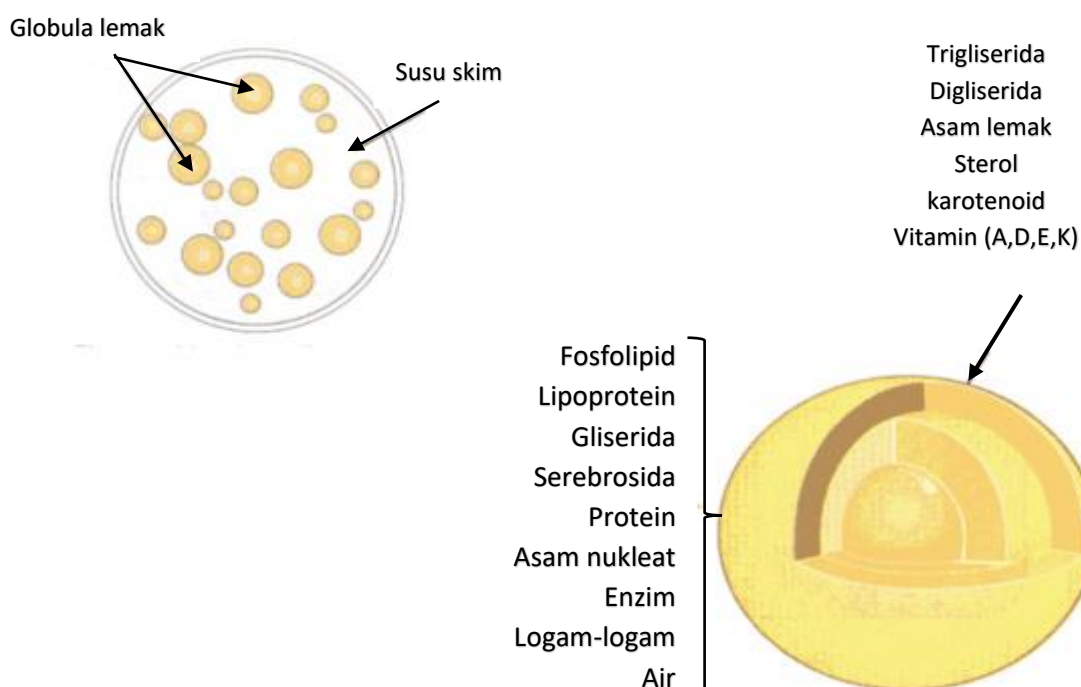
Membran terdiri fosfolipid, lipoprotein, serebrosida, protein, asam nukleat, enzim-enzim, unsur-unsur renik (logam-logam) dan air yang terikat. Ini menunjukkan bahwa komposisi dan ketebalan membran tidak konstan, karena komponen-komponen tidak secara konstan digantikan dengan serum susu yang mengitarinya. Karena globula lemak tidak hanya partikel terbesar dalam susu tetapi juga teringan (densitas pada $15,5^{\circ}\text{C} = 0,93\ \text{gr/cm}^3$), globula lemak cenderung naik ke permukaan saat susu dibiarkan di wadah beberapa saat, Gambar-2.13. Laju kenaikannya mengikuti hukum Stokes, tetapi sedikit globula lemak yang membuat proses pembentukan krim melambat. Namun, pemisahan krim dapat dipercepat melalui agregasi globula lemak di bawah pengaruh protein yang disebut aglutinin. Agregat ini muncul jauh lebih cepat ketimbang globula lemak itu sendiri. Agregat mudah terurai kembali melalui pemanasan atau perlakuan mekanis. Aglutinin t-erdenaturasi pada kombinasi waktu-suhu seperti suhu 75°C selama 2 menit dan kemungkinan agregasi menghilang.

Struktur Kimia Lemak Susu

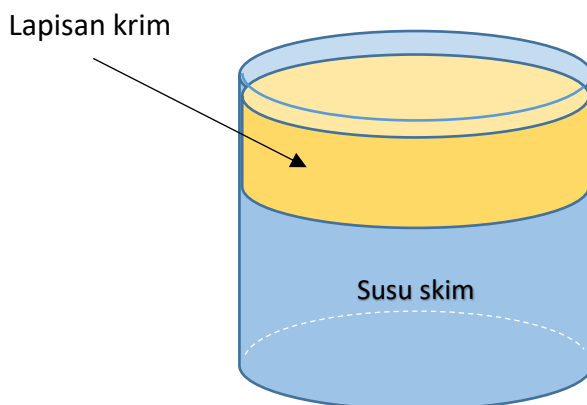
Lemak susu adalah cairan saat susu meninggalkan ambung pada suhu 37 °C. Ini berarti bahwa globula lemak dapat dengan mudah berubah bentuk mereka saat terpapar pada perlakuan mekanis sedang – pemompaan dan mengalirkan dalam pipa misalnya – tanpa terlepas dari membrannya. Semua lemak memiliki gugus kimia yang disebut ester, yang merupakan senyawa alkohol dan asam. Lemak susu merupakan campuran dari ester asam lemak berbeda yang disebut trigliserida, yang terdiri dari alkohol yang disebut gliserol dan berbagai asam lemak. Gliserida membentuk hampir 99% lemak susu.

Sebuah molekul asam lemak terdiri dari rantai hidrokarbon dan satu gugus karboksil (rumus RCOOH). Pada asam lemak jenuh, atom karbonnya terikat bersama dalam sebuah rantai melalui ikatan tunggal, sedangkan pada asam lemak tak jenuh ada satu atau lebih ikatan rangkap-dua pada rantai hidrokarbonnya, lihat Gambar-2.14. Setiap molekul gliserol dapat mengikat tiga molekul asam lemak, dan karena ketiganya tidak harus dari jenis yang sama, jumlah gliserida yang berbeda dalam susu sangat besar. Tabel-2.4. menampilkan asam-asam lemak paling penting dalam trigliserida lemak susu.

Lemak susu terdiri dari trigliserida (komponen yang mendominasi), di- dan monogliserida, asam lemak, sterol, karotenoid (memberikan warna kuning pada lemak) dan vitamin-vitamin (A, D, E dan K). Unsur-unsur renik berupa komponen minor. Komposisi globula lemak susu ditampilkan dalam Gambar-2.15.



Gambar-2.15. Perhatikan pada susu. Komposisi lemak susu.
Ukuran 0,1 – 20 μm ; rata-rata 3 – 4 μm .



Gambar-2.16. Jika susu didiamkan sejenak dalam wadah, maka lemak akan naik dan membentuk lapisan krim di permukaannya.

Kerusakan Lemak Susu

Lemak susu dapat terdegradasi oleh aksi enzim, paparan cahaya, dan oksidasi. Masing-masing proses ini berlangsung melalui mekanisme yang berbeda. Untuk informasi lebih lanjut, lihat referensi yang dikutip di bagian atas halaman ini.

Enzim yang mengurai lemak disebut lipase, dan prosesnya disebut lipolisis. Lipase susu berasal dari beberapa sumber: susu asli, kontaminasi bakteri di udara, bakteri yang ditambahkan dengan sengaja untuk fermentasi, atau sel somatik yang ada dalam susu. Lipase menghilangkan asam lemak dari tulang punggung gliserol dari trigliserida. Biasanya aksi lipase menyebabkan rasa tengik yang tidak diinginkan dalam susu. Pasteurisasi menonaktifkan lipase dan meningkatkan umur simpan susu. Namun, dalam beberapa keju, seperti keju biru dan provolone, sedikit lipolisis diperlukan untuk mendapatkan rasa yang khas.

Degradasi yang diinduksi cahaya dapat terjadi cukup cepat dalam susu dan menghasilkan karakteristik off-flavor. Mayoritas rasa tidak enak ini disebabkan oleh degradasi protein. Menyimpan susu dalam wadah buram meminimalkan proses ini. Lemak susu juga dapat terdegradasi dengan mekanisme oksidasi kimia klasik, serangan terhadap ikatan rangkap dalam asam lemak oleh oksigen. Oksidasi fosfolipid tak jenuh dalam susu menghasilkan rasa yang tidak enak yang digambarkan sebagai rasa sakit, amis, atau logam.

Pengaruh Perlakuan Panas pada Lemak Susu

Lemak susu memiliki rentang leleh yang luas, dan meleleh sepenuhnya pada suhu 104 °F (40 °C). Kondisi pasteurisasi waktu singkat suhu tinggi (HTST) yang khas tidak memengaruhi sifat fungsional dan nutrisi lemak susu. Perlakuan panas yang lebih tinggi dapat merangsang reaksi oksidasi dan menyebabkan kerusakan lemak dan rasa tidak enak. Perlakuan panas tinggi seperti pasteurisasi suhu ultra tinggi (UHT) dapat mengganggu protein membran gumpalan lemak susu dan menggoyahkan gumpalan, sehingga terjadi koagulasi.

Titik Leleh Lemak

Tabel-2.4. menunjukkan bahwa empat asam lemak yang berlimpah dalam susu adalah asam miristat, palmitat, stearat dan asam oleat.

Tiga yang pertama adalah padat dan yang terakhir adalah cairan pada suhu kamar. Seperti yang ditunjukkan gambar yang dikutip, jumlah relatif dari asam lemak yang berbeda dapat sangat bervariasi. Keragaman ini mempengaruhi kekerasan lemak. Lemak dengan kandungan asam lemak leleh-tinggi, seperti asam palmitat, akan menjadi keras; sebaliknya, lemak dengan kandungan asam oleat leleh-rendah yang tinggi membuat mentega menjadi lembut.

Penentuan kadar asam lemak individu merupakan masalah kepentingan ilmiah murni. Untuk tujuan praktis, itu cukup untuk menentukan satu atau lebih konstanta atau indikasi yang memberikan informasi tertentu mengenai komposisi lemak.

Tabel-2.4. Asam-asam lemak dasar dalam susu

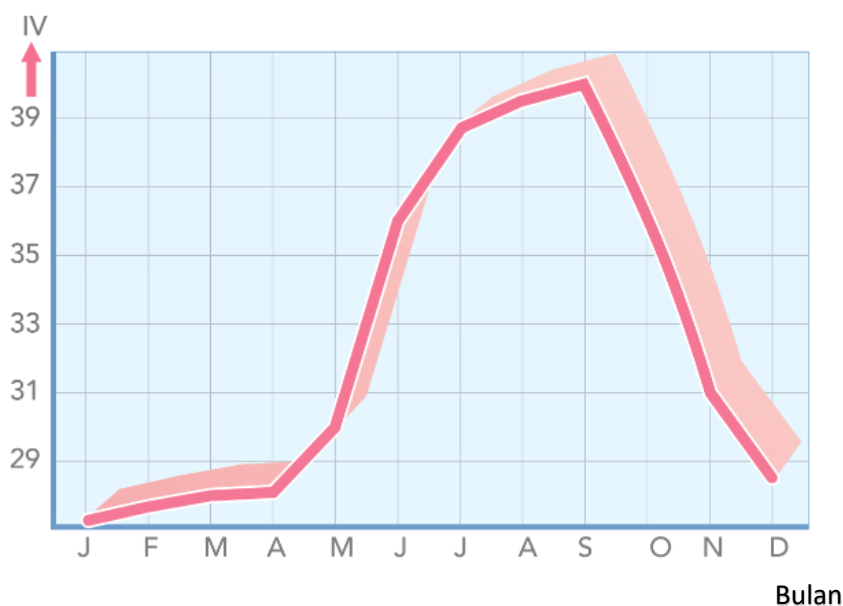
Asam lemak	%-berat dari kandungan asam lemak total	Titik leleh °C	Keterangan
Jenuh			
4:0 Asam butirat	3,1 – 4,4	0,9 – 1,2	
6:0 Asam kaproat	1,8 – 2,7	-4	Cair pada suhu kamar
8:0 Asam kaprilat	1,0 – 1,7	16 31	
10:0 Asam kaprat	2,2 – 3,8	44	
12:0 Asam laurat	2,6 – 4,2	54	
14:0 Asam miristat	9,1 – 11,9	63	Padat pada suhu kamar
16:0 Asam palmitat	23,6 – 31,4		
18:0 Asam stearat	10,4 – 14,6	70	
Tak-jenuh			
18:1 Asam oleat	14,9 – 22,0	16	
18:2 Asam linoleat	1,2 – 1,7	-5	Cair pada suhu kamar
18:3 Asam linolenat	0,9 – 1,2	-12	

Bilangan Iodium

Asam lemak dengan jumlah atom C dan H yang sama tetapi dengan jumlah ikatan tunggal dan rangkap yang berbeda memiliki karakteristik yang sama sekali berbeda. Metode yang paling penting dan luas digunakan untuk menunjukkan karakteristik spesifik mereka ialah dengan mengukur *Iodium Value* (IV) dari lemak tersebut. Bilangan iodium menetapkan persentase iodium yang dapat diikat oleh lemak. Iodium diambil oleh ikatan rangkap dari asam lemak tak-jenuh. Berhubung asam oleat sangat berlimpah dari asam lemak tak-jenuh, yang berupa cairan pada suhu kamar, maka bilangan iodium sebagian besar merupakan ukuran kandungan asam oleat dan dengan demikian memberi kelembutan pada lemak.

Bilangan iodium lemak mentega biasanya bervariasi antara 24 dan 46. Variasi tersebut ditentukan oleh apa yang dimakan sapi. Green pasture di musim panas menampilkan tinggi kandungan asam oleat, sehingga lemak susu musim panas lunak (bilangan iodiumnya tinggi). Pakan konsentrat tertentu, seperti bungkil biji bunga matahari dan bungkil biji rami, juga menghasilkan lemak yang lunak, sedangkan bungkil kelapa sawit dan kelapa, serta pucuk sayuran akar menghasilkan lemak keras.

Gambar-2.16 menunjukkan sebuah contoh bagaimana bilangan iodium lemak susu dapat berbeda-beda selama satu tahun (Swedia)



Gambar-2.17. Bilangan iodium pada waktu yang berbeda selama satu tahun. Bilangan iodium adalah satu ukuran dari kandungan asam oleat dari lemak tersebut.

Lemak dengan kandungan tinggi asam lemak leleh-tinggi adalah keras.

Lemak dengan kandungan tinggi asam lemak leleh-rendah adalah lunak.

Indeks Bias

Jumlah asam lemak yang berbeda dalam lemak juga mempengaruhi caranya membiaskan cahaya. Oleh karena itu, hal ini merupakan praktik umum untuk menentukan indeks bias lemak, yang kemudian dapat digunakan untuk menghitung bilangan iodium. Ini adalah metoda cepat untuk menilai kekerasan lemak.

Nuclear Magnetic Resonance (NMR)

Selain menganalisa bilangan iodium (IV) atau indeks bias, rasio lemak jenuh terhadap lemak tak-jenuh dapat ditentukan dengan “Pulsed-NMR”. Faktor konversi dapat digunakan untuk mentransformasikan Nilai NMR menjadi bilangan iodium yang bersangkutan jika diinginkan.

Metoda NMR juga dapat digunakan untuk mengetahui derajat kristalisasi lemak sebagai fungsi waktu kristalisasi. Hal ini telah ditunjukkan bahwa kristalisasi lemak membutuhkan waktu yang lama dalam 40% krim yang didinginkan dari 60 °C – 5 °C. Waktu kristalisasi setidaknya dua jam dibutuhkan, dan proporsi lemak yang dikristalkan adalah 60% total, lihat Gambar-2.17.

Juga dicatat bahwa hanya 15 – 20 % lemak terkristalkan dua menit setelah 5 °C dicapai. Nilai NMR dari lemak mentega biasanya bervariasi antara 30 dan 41.

Kristalisasi Lemak

Selama proses kristalisasi, globula lemak berada dalam keadaan sangat sensitif dan mudah rusak dan terbuka – bahkan dengan perlakuan mekanis sedang.

Studi mikroskop elektron telah menunjukkan bahwa lemak mengkristal sebagai bola-bola monomolekuler, lihat Gambar-2.17. Pada waktu fraksinasi yang sama berlangsung sehingga trigliserida dengan titik leleh tertinggi membentuk bidang terluar. Karena lemak yang dikristalkan memiliki volume spesifik lebih rendah dibandingkan lemak cair, tegangan muncul di dalam globula, membuatnya terutama tidak stabil dan rentan pecah selama periode kristalisasi. Hasilnya adalah bahwa lemak cair dilepaskan ke dalam serum susu, menyebabkan pembentukan benjolan di mana lemak bebas merekatkan tetesan air yang tidak terputus (fenomena yang sama yang terjadi dalam produksi mentega). Kristalisasi lemak menghasilkan panas fusi, yang menaikkan suhu (40% krim yang didinginkan dari 60 °C hingga 7-8 °C tumbuh 3-4 °C lebih hangat selama periode kristalisasi).

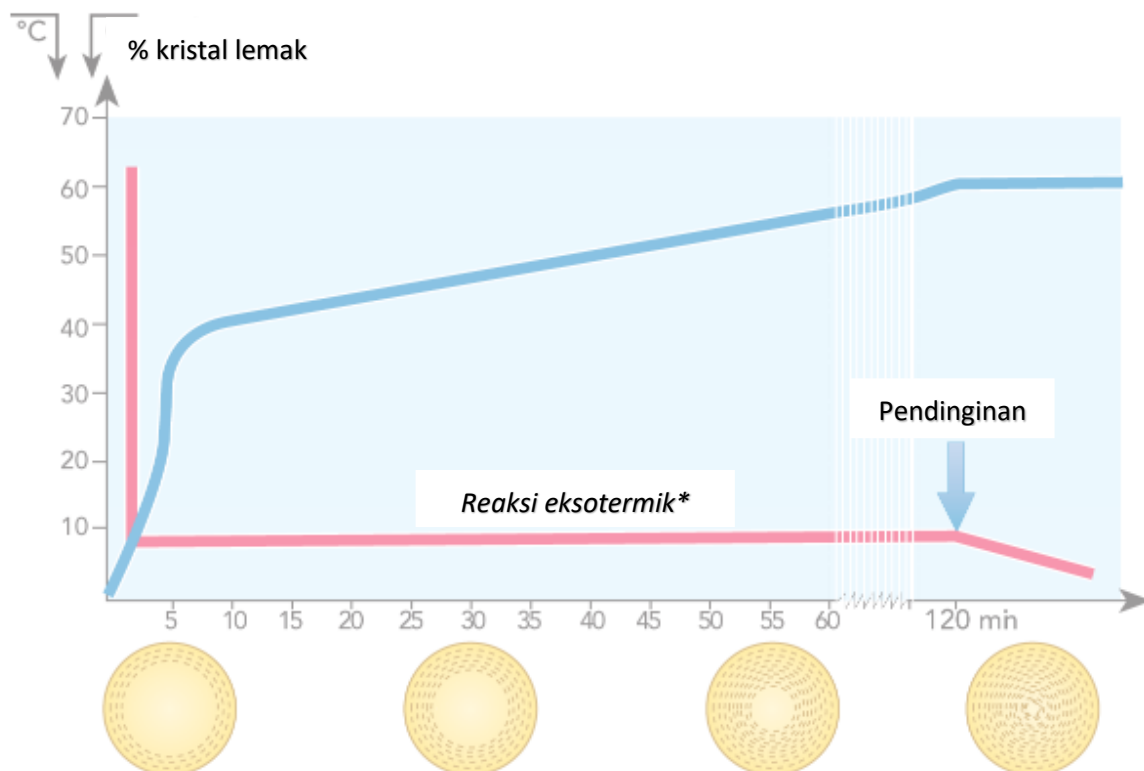
Hal ini penting untuk menanggung sifat lemak susu penting ini dalam produksi krim untuk berbagai keperluan.

Protein Susu

Protein ialah bagian esensial dari makanan kita. Protein yang kita makan adalah terurai menjadi senyawa-senyawa yang lebih sederhana dalam sistem pencernaan dan di hati (liver). Senyawa-senyawa tersebut kemudian diangkut ke sel-sel tubuh di mana senyawa tersebut digunakan sebagai bahan konstruksi untuk membangun protein tubuh sendiri.

Halaman ini menjelaskan tentang sifat-sifat protein susu. Ada pengantar singkat tentang Definisi dan Kimia Protein Umum, diikuti oleh bagian tentang Kimia Protein Susu, Sifat Fisik Protein Susu, Kerusakan Protein Susu, dan Pengaruh Perlakuan Panas pada Sifat Protein Susu.

Untuk detail lebih lanjut tentang sifat protein susu lihat referensi oleh Fox dan McSweeney (1998), Jelen dan Rattray (1995), Singh (1995), dan Walstra et al. (1999).

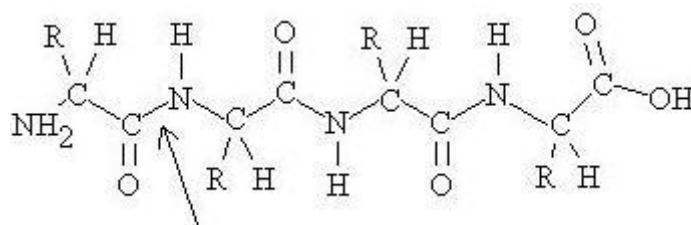


*Eksotermik = suatu reaksi kimia yang disertai dengan pengembangan panas (panas fusi).

Gambar-2.17. Kristalisasi lemak susu adalah reaksi eksotermik, yang berarti bahwa reaksi kimia disertai oleh evolusi panas. Kurva kristalisasi berdasarkan pada analisis yang dibuat dengan metoda NMR.

Definisi dan Kimia Protein Umum

Protein adalah rantai molekul asam amino yang dihubungkan oleh ikatan peptida.



Ikatan peptida

Gambar-2.18. Protein dengan rantai peptida; R = gugus asam amino.

Ada banyak jenis protein dan masing-masing memiliki urutan asam aminonya sendiri (biasanya mengandung ratusan asam amino). Ada 22 asam amino berbeda yang dapat

digabungkan untuk membentuk rantai protein. Ada 9 asam amino yang tidak bisa dibuat oleh tubuh manusia dan harus didapatkan dari makanan. Ini disebut asam amino esensial.

Asam amino dalam rantai protein dapat berikatan melintasi rantai dan melipat untuk membentuk struktur 3 dimensi. Protein bisa relatif lurus atau membentuk gumpalan yang padat atau berada di antara keduanya. Istilah "terdenaturasi" digunakan ketika protein terungkap dari rantai asalnya atau bentuk bulatnya. Denaturasi protein bermanfaat dalam beberapa kasus, seperti memungkinkan akses mudah ke rantai protein oleh enzim untuk pencernaan, atau untuk meningkatkan kemampuan protein *whey* untuk mengikat air dan memberikan tekstur yang diinginkan dalam produksi yogurt.

Kimia Protein Susu

Susu mengandung total 3,3% protein. Protein susu mengandung semua 9 asam amino esensial yang dibutuhkan oleh manusia. Protein susu disintesis di kelenjar susu, tetapi 60% asam amino yang digunakan untuk membangun protein diperoleh dari makanan sapi. Kandungan protein susu total dan komposisi asam amino bervariasi menurut jenis sapi dan genetika hewan individu.

Ada 2 kategori utama protein susu yang secara luas ditentukan oleh komposisi kimianya dan sifat fisiknya. Keluarga kasein mengandung fosfor dan akan membeku atau mengendap pada pH 4,6. Protein serum (*whey*) tidak mengandung fosfor, dan protein ini tetap berada dalam larutan dalam susu pada pH 4,6. Prinsip koagulasi, atau pembentukan dadih, pada penurunan pH adalah dasar pembentukan dadih keju. Dalam susu sapi, sekitar 82% protein susu adalah kasein dan 18% sisanya adalah serum, atau protein *whey*.

Keluarga kasein protein terdiri dari beberapa jenis kasein (α -s1, α -s2, β , dan κ) dan masing-masing memiliki komposisi asam amino, variasi genetik, dan sifat fungsionalnya sendiri. Kasein tersuspensi dalam susu dalam bentuk kompleks yang disebut misel yang dibahas di bawah ini di bagian sifat fisika. Kasein memiliki struktur terbuka yang relatif acak karena komposisi asam amino (kandungan prolin tinggi). Kandungan fosfat yang tinggi dari keluarga kasein memungkinkannya untuk bergabung dengan kalsium dan membentuk garam kalsium fosfat. Kelimpahan fosfat memungkinkan susu mengandung lebih banyak kalsium daripada jika semua kalsium dilarutkan dalam larutan, sehingga protein kasein menyediakan sumber kalsium yang baik bagi konsumen susu. 6-kasein terbuat dari bagian karbohidrat yang melekat pada rantai protein dan terletak di dekat permukaan luar misel kasein (lihat Gambar-2.19 di bawah). Dalam pembuatan keju, 6-kasein dibelah di antara asam amino tertentu, dan ini menghasilkan fragmen protein yang tidak mengandung asam amino fenilalanin. Fragmen ini disebut *milk glycomacropeptide* dan merupakan sumber protein unik untuk penderita *fenilketonuria*.

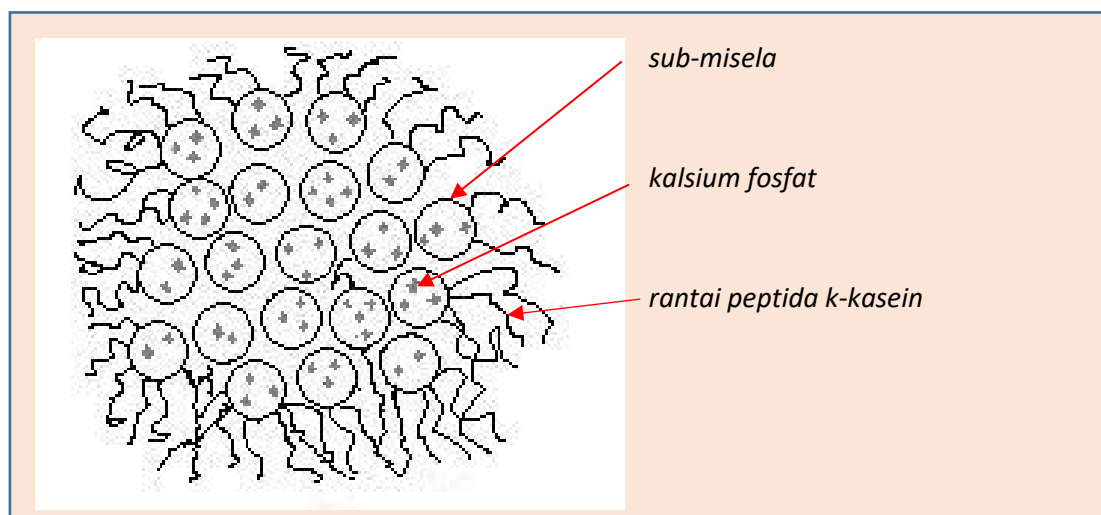
Keluarga protein serum (*whey*) terdiri dari sekitar 50% β -laktoglobulin, 20% α -laktalbumin, albumin serum darah, imunoglobulin, laktoferin, transferin, dan banyak protein dan enzim minor. Seperti komponen utama susu lainnya, setiap protein *whey* memiliki komposisi dan variasi yang khas. Protein *whey* tidak mengandung fosfor, menurut definisi, tetapi mengandung sejumlah besar asam amino yang mengandung sulfur. Ini membentuk

ikatan disulfida di dalam protein yang menyebabkan rantai membentuk bentuk bola kompak. Ikatan disulfida dapat diputuskan, menyebabkan hilangnya struktur kompak, suatu proses yang disebut denaturasi. Denaturasi merupakan keuntungan dalam produksi yogurt karena meningkatkan jumlah air yang dapat diikat protein, yang meningkatkan tekstur yogurt. Prinsip ini juga digunakan untuk membuat bahan protein *whey* khusus dengan sifat fungsional unik untuk digunakan dalam makanan. Salah satu contohnya adalah penggunaan protein whey untuk mengikat air pada produk daging dan sosis.

Fungsi dari banyak protein *whey* tidak didefinisikan dengan jelas, dan mereka mungkin tidak memiliki fungsi spesifik dalam susu tetapi mungkin merupakan artefak sintesis susu. Fungsi β -laktoglobulin dianggap sebagai pembawa vitamin A. Menarik untuk dicatat bahwa β -laktoglobulin tidak ada dalam ASI. α -Laktalbumin memainkan peran penting dalam sintesis laktosa di kelenjar susu. Immunoglobulin berperan dalam sistem kekebalan hewan, tetapi tidak diketahui apakah fungsi ini ditransfer ke manusia. Laktoferin dan transferin memainkan peran penting dalam penyerapan zat besi dan ada minat untuk menggunakan susu sapi sebagai sumber laktoferin komersial.

Sifat Fisika Protein Susu

Kasein dalam susu membentuk kompleks yang disebut misel yang terdispersi dalam fase air susu. Misel kasein terdiri dari subunit kasein yang berbeda (α -s1, α -s2 dan β) yang disatukan oleh jembatan kalsium fosfat di bagian dalam, dikelilingi oleh lapisan 6-kasein yang membantu menstabilkan misel dalam larutan.



Gambar-2.19. Misela kasein

Misel kasein berbentuk bulat dan berdiameter 0,04 hingga 0,3 μm , jauh lebih kecil dari gumpalan lemak yang berukuran sekitar 1 μm dalam susu yang dihomogenisasi. Misel kasein adalah struktur berpori yang memungkinkan fase air bergerak bebas masuk dan keluar dari misel. Misel kasein adalah struktur yang stabil tetapi dinamis yang tidak keluar dari larutan. Mereka dapat dipanaskan sampai mendidih atau didinginkan, dan dapat dikeringkan dan

dibentuk kembali tanpa efek yang merugikan. β -kasein, bersama dengan beberapa kalsium fosfat, akan bermigrasi masuk dan keluar misel dengan perubahan suhu, tetapi ini tidak mempengaruhi sifat nutrisi dari protein dan mineral.

Protein *whey* ada sebagai unit individu yang dilarutkan dalam fase air susu.

Kerusakan Protein Susu

Protein dapat terdegradasi oleh aksi enzim atau dengan paparan cahaya. Penyebab utama degradasi protein adalah melalui enzim yang disebut *protease*. Protease susu berasal dari beberapa sumber: susu asli, kontaminasi bakteri di udara, bakteri yang ditambahkan dengan sengaja untuk fermentasi, atau sel somatik yang ada dalam susu. Tindakan *protease* dapat diinginkan, seperti dalam kasus pembuatan yogurt dan keju, jadi, untuk proses ini, bakteri dengan sifat proteolitik yang diinginkan ditambahkan ke dalam susu. Degradasi yang tidak diinginkan (proteolisis) menghasilkan susu dengan rasa yang tidak enak dan kualitas yang buruk. Protease terpenting dalam susu untuk pembuatan keju adalah *plasmin* karena menyebabkan proteolisis selama pematangan yang menghasilkan rasa dan tekstur yang diinginkan pada keju.

Dua asam amino dalam susu, metionin dan sistin sensitif terhadap cahaya dan dapat terdegradasi jika terpapar cahaya. Hal ini menyebabkan rasa pada susu dan hilangnya kualitas nutrisi untuk 2 asam amino ini.

Pengaruh Perlakuan Panas pada Protein Susu

Kasein stabil terhadap perlakuan panas. Kondisi pasteurisasi waktu singkat suhu tinggi (HTST) yang khas tidak akan memengaruhi sifat fungsional dan nutrisi dari protein kasein. Perlakuan suhu tinggi dapat menyebabkan interaksi antara kasein dan protein *whey* yang mempengaruhi fungsi tetapi tidak pada sifat nutrisinya. Misalnya, pada suhu tinggi, β -laktoglobulin dapat membentuk lapisan di atas misel kasein yang mencegah pembentukan dadih pada keju.

Protein *whey* lebih sensitif terhadap panas daripada kasein. Pasteurisasi HTST tidak akan mempengaruhi nutrisi dan sifat fungsional dari protein *whey*. Perlakuan panas yang lebih tinggi dapat menyebabkan denaturasi β -laktoglobulin, yang merupakan keuntungan dalam produksi beberapa makanan (yogurt) dan bahan-bahan karena kemampuan protein untuk mengikat lebih banyak air. Denaturasi menyebabkan perubahan pada struktur fisik protein, tetapi umumnya tidak mempengaruhi komposisi asam amino dan dengan demikian sifat nutrisinya. Perlakuan panas yang parah seperti pasteurisasi ultra tinggi dapat menyebabkan kerusakan pada asam amino yang sensitif terhadap panas dan sedikit menurunkan kandungan nutrisi pada susu. Namun, protein *whey* α -laktalbumin sangat stabil terhadap panas.

Karbohidrat Susu (Laktosa)

Halaman ini menjelaskan sifat-sifat karbohidrat susu. Ada pengantar singkat untuk Kimia Karbohidrat Umum, diikuti oleh bagian Kimia Susu Karbohidrat (Laktosa), Sifat Fisika Laktosa, dan Pengaruh Perlakuan Panas pada Sifat Laktosa. Untuk detail lebih lanjut tentang sifat

laktosa lihat referensi oleh Fox dan McSweeney (1998), Holsinger (1988, 1997), dan O'Brien (1995, 1997).

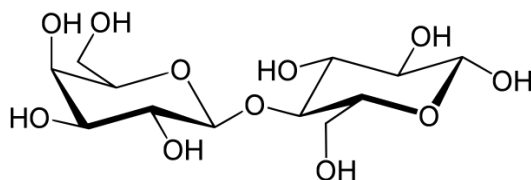
Kimia Karbohidrat Umum

Karbohidrat terdiri dari molekul yang disebut sakarida. Sakarida sederhana mengandung 1 atau 2 molekul dan disebut monosakarida atau disakarida, atau, lebih umum, gula. Oligosakarida dan polisakarida adalah rantai yang mengandung sedikit hingga banyak molekul gula dan dapat disebut sebagai pati.

Monosakarida yang penting dalam makanan dan kesehatan adalah glukosa (terkadang disebut dekstrosa), fruktosa, dan galaktosa. Disakarida adalah sukrosa (glukosa + fruktosa), laktosa (glukosa + galaktosa), dan maltosa (glukosa + glukosa). 2 molekul gula dalam disakarida terikat bersama dan ikatan ini harus diputuskan sebelum gula dapat digunakan oleh tubuh untuk energi dan fungsi tubuh lainnya. Pati adalah rantai panjang glukosa yang bisa lurus atau bercabang, dan ada beberapa cara di mana molekul di dalam pati dapat terikat satu sama lain. Pati dari berbagai sumber, seperti gandum atau jagung, memiliki sifat fungsional yang unik. Struktur pati dapat dimodifikasi untuk meningkatkan sifat fungsionalnya dan meningkatkan penggunaannya dalam makanan.

Kimia Karbohidrat Susu

Susu mengandung sekitar 4,9% karbohidrat yang didominasi laktosa dengan sejumlah kecil monosakarida dan oligosakarida. Laktosa adalah disakarida glukosa dan galaktosa. Struktur laktosa adalah:



Gambar-2.20. Struktur molekul laktosa.

Sifat Fisika Laktosa

Laktosa dilarutkan dalam fase serum (*whey*) cairan susu. Laktosa yang terlarut dalam larutan ditemukan dalam 2 bentuk, disebut α -anomer dan β -anomer, yang dapat berpindah bolak-balik antara satu sama lain. Kelarutan 2 anomer bergantung pada suhu dan oleh karena itu konsentrasi kesetimbangan dari 2 bentuk akan berbeda pada suhu yang berbeda. Pada suhu kamar (70 ° F, 20 ° C) rasio kesetimbangan kira-kira 37% α - dan 63% β -laktosa. Pada suhu di atas 200 ° F (93,5 ° C) β -anomer kurang larut sehingga ada rasio α - ke β -laktosa yang lebih tinggi. Jenis anomer yang ada tidak mempengaruhi sifat nutrisi laktosa.

Kristalisasi laktosa terjadi ketika konsentrasi laktosa melebihi kelarutannya. Sifat fisika kristal laktosa bergantung pada jenis kristal dan dapat sangat mempengaruhi penggunaannya dalam makanan. Suhu mempengaruhi rasio kesetimbangan anomer α - dan β -laktosa, seperti dijelaskan di atas. Kristal laktosa yang terbentuk pada suhu di bawah 70 ° F (20 ° C) sebagian

besar adalah kristal α -laktosa. Kristal laktosa α -monohidrat sangat keras dan terbentuk, misalnya, saat es krim mengalami banyak siklus pemanasan dan pembekuan. Hal ini menghasilkan tekstur berpasir dan berpasir yang tidak diinginkan pada es krim. Gusi sering digunakan dalam es krim untuk menghambat kristalisasi laktosa. Bentuk kristal β -laktosa lebih manis dan lebih mudah larut daripada α -monohidrat laktosa dan mungkin lebih disukai dalam beberapa aplikasi roti. Ketika larutan laktosa dikeringkan dengan cepat, tidak ada waktu untuk mengkristal dan membentuk sejenis gelas. Gelas laktosa ada dalam bubuk susu dan menyebabkan penggumpalan. Penggumpalan diinginkan karena menghasilkan susu bubuk yang langsung larut dalam air.

Pengaruh Perlakuan Panas pada Sifat Laktosa

Kondisi pasteurisasi normal yang digunakan untuk cairan susu tidak berpengaruh signifikan terhadap laktosa. Suhu yang lebih tinggi yang digunakan untuk pasteurisasi suhu sangat tinggi (UHT) dari produk yang masa simpannya diperpanjang dan pengeringan semprot dapat menyebabkan reaksi pencoklatan dan isomerisasi, yang dapat memengaruhi kualitas produk dan sifat nutrisi. Reaksi pencoklatan, yang disebut reaksi Maillard, terjadi antara laktosa dan protein dalam susu dan menghasilkan rasa dan warna yang tidak diinginkan, dan menurunkan kandungan asam amino lisin yang tersedia dalam protein susu. Reaksi isomerisasi adalah penataan ulang molekul laktosa menjadi laktulosa. Laktulosa diproduksi untuk digunakan oleh industri farmasi dalam produksi pil.

Vitamin dan Mineral dalam Susu

Halaman ini menjelaskan tentang Vitamin dan Mineral yang ada dalam susu, dan Pengaruh Perlakuan Panas dan Paparan Cahaya pada Kandungan Vitamin dan Mineral dalam Susu. Penjelasan tentang fungsi nutrisi vitamin dan mineral tersedia di halaman Komponen Gizi dalam Susu di bagian Fakta Gizi. Untuk detail lebih lanjut tentang vitamin dan mineral dalam susu, lihat referensi oleh Flynn et al. (1997), Fox dan McSweeney (1998), Holt (1995), dan Öste et al. (1997).

Vitamin dalam Susu

Vitamin memiliki banyak peran dalam tubuh, termasuk faktor pendamping metabolisme, pengangkutan oksigen, dan antioksidan. Mereka membantu tubuh menggunakan karbohidrat, protein, dan lemak. Kandungan spesifik vitamin dalam susu tercantum di Tabel Kandungan Gizi di bagian Fakta Gizi.

Susu mengandung vitamin larut air tiamin (vitamin B1), riboflavin (vitamin B2), niasin (vitamin B3), asam pantotenat (vitamin B5), vitamin B6 (piridoksin), vitamin B12 (kobalamin), vitamin C, dan folat. Susu adalah sumber tiamin, riboflavin, dan vitamin B12 yang baik. Susu mengandung sejumlah kecil niasin, asam pantotenat, vitamin B6, vitamin C, dan folat dan tidak dianggap sebagai sumber utama vitamin ini dalam makanan.

Susu mengandung vitamin larut lemak A, D, E, dan K. Kadar vitamin larut lemak dalam produk susu bergantung pada kandungan lemak produk. Mengurangi lemak (2% lemak), rendah lemak (1% lemak), dan susu skim harus diperkaya dengan vitamin A agar secara nutrisi setara dengan susu murni. Fortifikasi semua susu dengan vitamin D bersifat sukarela. Susu mengandung sedikit vitamin E dan K dan tidak dianggap sebagai sumber utama vitamin ini dalam makanan.

Mineral dalam Susu

Mineral memiliki banyak peran dalam tubuh diantaranya fungsi enzim, pembentukan tulang, pemeliharaan keseimbangan air, dan pengangkutan oksigen. Kandungan spesifik mineral dalam susu tercantum di Tabel Kandungan Gizi di bagian Fakta Gizi.

Susu adalah sumber kalsium, magnesium, fosfor, kalium, selenium, dan seng yang baik. Banyak mineral dalam susu dikaitkan bersama dalam bentuk garam, seperti kalsium fosfat. Dalam susu kira-kira 67% kalsium, 35% magnesium, dan 44% fosfat terikat garam di dalam misel kasein dan sisanya larut dalam fase serum. Fakta bahwa kalsium dan fosfat dikaitkan sebagai garam yang terikat dengan protein tidak mempengaruhi ketersediaan nutrisi baik kalsium maupun fosfat.

Susu mengandung sedikit tembaga, besi, mangan, dan natrium dan tidak dianggap sebagai sumber utama mineral ini dalam makanan.

Pengaruh Perlakuan Panas dan Paparan Cahaya pada Kandungan Vitamin dan Mineral dalam Susu

Perlakuan panas ringan yang digunakan dalam pasteurisasi cairan susu dalam waktu singkat (HTST) suhu tinggi tidak terlalu mempengaruhi kandungan vitamin. Namun, perlakuan panas yang lebih tinggi yang digunakan dalam pasteurisasi suhu sangat tinggi (UHT) untuk penyimpanan yang diperpanjang dikombinasikan dengan peningkatan masa penyimpanan produk ini memang menyebabkan hilangnya beberapa vitamin yang larut dalam air. Thiamin berkurang dari 0,45 menjadi 0,42 mg / L, vitamin B₁₂ berkurang dari 3,0 menjadi 2,7 µg / L, dan vitamin C berkurang dari 2,0 menjadi 1,8 mg / L (Potter et al., 1984). Riboflavin adalah vitamin yang tahan panas dan tidak terpengaruh oleh perawatan panas yang parah.

Kalsium fosfat akan bermigrasi masuk dan keluar misel kasein dengan perubahan suhu. Proses ini dapat dibalik pada suhu sedang. Sifat gizi ini tidak mempengaruhi mineral susu. Pada suhu yang sangat tinggi kalsium fosfat dapat mengendap dari larutan yang menyebabkan perubahan permanen pada struktur misel kasein.

Paparan cahaya akan menurunkan kandungan riboflavin dan vitamin A dalam susu. Susu harus disimpan dalam wadah yang memberikan penghalang cahaya (plastik buram atau kertas karton) untuk memaksimalkan retensi vitamin.

Enzim Susu

Halaman ini menjelaskan secara singkat sifat umum enzim yang ada dalam susu. Enzim adalah protein yang memiliki fungsi biologis. Enzim susu berasal dari beberapa sumber: susu asli, kontaminasi bakteri di udara, bakteri yang ditambahkan dengan sengaja untuk fermentasi, atau dalam sel somatik yang ada dalam susu. Untuk detail lebih lanjut tentang enzim susu lihat referensi oleh Farkye (2003), Fox dan McSweeney (1998), Pruitt (2003), dan Whitney (1988).

Setiap enzim memiliki tempat kerja spesifik pada molekul targetnya, dan kondisi optimal (pH dan suhu). Ada sejumlah besar enzim di dalam susu dan fungsinya banyak yang tidak terdefinisi dengan baik. Perlu dicatat bahwa enzim dalam susu tidak memberikan kontribusi besar terhadap pencernaan susu pada manusia, yang dicapai oleh enzim di perut dan usus kecil manusia.

Lipase adalah enzim yang menurunkan lemak. Lipase utama dalam susu adalah lipoprotein lipase. Ini terkait dengan misel kasein. Agitasi selama pemrosesan dapat membuat lipase bersentuhan dengan lemak susu yang mengakibatkan degradasi lemak dan menghilangkan rasa. Pasteurisasi akan menonaktifkan lipase dalam susu dan meningkatkan umur simpan.

Protease adalah enzim yang mendegradasi protein. Protease utama dalam susu adalah plasmin. Beberapa protease tidak aktif oleh panas dan beberapa tidak. Degradasi protein dapat menjadi tidak diinginkan dan menghasilkan rasa pahit, atau dapat memberikan tekstur keju yang diinginkan selama pematangan. Protease penting dalam pembuatan keju, dan sejumlah besar informasi tersedia dalam literatur keju.

Alkali fosfatase adalah enzim peka panas dalam susu yang digunakan sebagai indikator pasteurisasi. Jika susu dipasteurisasi dengan benar, alkali fosfatase tidak aktif.

Laktoperoksidase adalah salah satu enzim paling stabil terhadap panas yang ditemukan dalam susu. Laktoperoksidase, bila dikombinasikan dengan hidrogen peroksida dan tiosianat, memiliki sifat antibakteri. Adanya laktoperoksidase dalam susu mentah diduga dapat menghambat penyakit penyebab mikroorganisme (patogen) yang ada dalam susu. Namun, karena tidak ada hidrogen peroksida atau tiosianat dalam susu segar, senyawa ini harus ditambahkan ke dalam susu untuk mendapatkan manfaat antibakteri. Lisozim adalah enzim lain yang memiliki beberapa aktivitas antibakteri, meskipun jumlah lisozim yang ada dalam susu sangat kecil.

Daftar Pustaka

"The Chemistry of Milk" in Dairy Processing Handbook.

<http://www.milkfacts.info/Milk%20Composition/Protein.htm>

<http://www.milkfacts.info/Milk%20Composition/Carbohydrate.htm>

<http://www.milkfacts.info/Milk%20Composition/VitaminsMinerals.htm>

Farkye, N. Y. *Other Enzymes*, in: **Advanced Dairy Chemistry**, Vol. 1 Proteins. 2003, 3rd Ed. Fox, P. F., and P. L. H. McSweeney, eds. Kluwer Academic/Plenum Publ., NY.

Flynn, A., and K. Cashman. *Nutritional aspects of minerals in bovine and human milks*, in: **Advanced Dairy Chemistry**, Vol. 3 Lactose, water, salts and vitamins. 1997, 2nd Ed. Fox, P. F., ed. Chapman & Hall, London.

Fox, P. F., and P. L. H. McSweeney. *Dairy Chemistry and Biochemistry*. 1998. Blackie Academic & Professional, an imprint of Chapman & Hall, London.

Holsinger, V. H. *Lactose*, in: **Fundamentals of Dairy Chemistry**. 1988, 3rd Ed. Wong, N. P., R. Jenness, M. Keeney, and E. H. Marth, eds. Van Nostrand Reinhold, NY.

Holsinger, V. H. *Physical and chemical properties of lactose*, in: **Advanced Dairy Chemistry**, Vol. 3 Lactose, water, salts and vitamins. 1997, 2nd Ed. Fox, P. F., ed. Chapman & Hall, London.

Holt, C. *Effect of heating and cooling on the milk salts and their interaction with casein*, in: **Heat Induced Changes in Milk**. 1995, 2nd Ed. Fox, P. F., ed. International Dairy Federation, Brussels, Belgium.

Jelen, P., and W. Rattray. *Thermal denaturation of whey proteins*, in: **Heat Induced Changes in Milk**. 1995, 2nd Ed. Fox, P. F., ed. International Dairy Federation, Brussels, Belgium.

O'Brien, J. *Heat-induced changes in lactose: isomerization, degradation, Maillard browning*, in: **Heat Induced Changes in Milk**. 1995, 2nd Ed. Fox, P. F., ed. International Dairy Federation, Brussels, Belgium.

O'Brien, J. *Reaction chemistry of lactose: non-enzymatic degradation pathways and their significance in dairy products*, in: **Advanced Dairy Chemistry**, Vol. 3 Lactose, water, salts and vitamins. 1997, 2nd Ed. Fox, P. F., ed. Chapman & Hall, London.

Öste, R., M. Jägerstad, and I. Anderson. *Vitamins in milk and milk products*, in: **Advanced Dairy Chemistry**, Vol. 3 Lactose, water, salts and vitamins. 1997, 2nd Ed. Fox, P. F., ed. Chapman & Hall, London.

Parodi, P. *Milk fat in human nutrition*. 2004. Aust. J. Dairy Technol. 59:3-59.

Potter, M. E., A. F. Kaufmann, P. A. Blake, and R. A. Feldman. *Unpasteurized milk. The hazards of a health fetish*. 1984. **J. Am. Med. Assoc. (JAMA)**. **252**:2048-2052.

Pruitt, K. *Lactoperoxidase*, in: **Advanced Dairy Chemistry**, Vol. 1 Proteins. 2003, 3rd Ed. Fox, P. F., and P. L. H. McSweeney, eds. Kluwer Academic/Plenum Publ., NY.

Singh, H. *Heat-induced changes in casein, including interactions with whey proteins*, in: **Heat Induced Changes in Milk**. 1995, 2nd Ed. Fox, P. F., ed. International Dairy Federation, Brussels, Belgium.

- van Boekel, M. A. J. S., and P. Walstra. *Effect of heat treatment of chemical and physical changes to milkfat globules*, in: **Heat Induced Changes in Milk**. 1995, 2nd Ed. Fox, P. F., ed. International Dairy Federation, Brussels, Belgium.
- Walstra, P., T. J. Geurts, A. Noomen, A. Jellema, and M. A. J. S. van Boekel. *Dairy Technology, Principles of Milk Properties and Processes*. 1999. Marcel Dekker, Inc., NY.
- Weihrauch, J. L. *Lipids of milk: deterioration*, in: **Fundamentals of Dairy Chemistry**. 1988, 3rd Ed. Wong, N. P., R. Jenness, M. Keeney, and E. H. Marth, eds. Van Nostrand Reinhold, NY.
- Whitney, R. McL. *Proteins of Milk*, in: **Fundamentals of Dairy Chemistry**. 1988, 3rd Ed. Wong, N. P., R. Jenness, M. Keeney, and E. H. Marth, eds. Van Nostrand Reinhold, NY.

3

Mikrobiologi Susu

Bab Mikrobiologi Susu berisi informasi yang berkaitan dengan masalah mikroba dalam susu. Tinjauan singkat tentang mikrobiologi susu disajikan di bawah ini sebagai pengantar bagian ini. Topik yang dibahas adalah:

- Standar Mikroba untuk Susu
- Mikroorganisme yang Menjadi Perhatian dalam Susu
- Wabah Penyakit yang Berhubungan dengan Produk Susu
- Mastitis, Jumlah Sel Somatik dan Antibiotik dalam Susu
- Sifat Antibakteri Susu

Mikrobiologi Susu

Susu hampir steril ketika disintesis di ambing sapi yang sehat (kelenjar susu). Sapi, seperti manusia, adalah reservoir alami bakteri. Banyak dari bakteri ini tidak berbahaya bagi manusia, tetapi beberapa mungkin berbahaya bagi manusia meskipun sapi tidak terpengaruh dan tampak sehat.

Susu dapat terkontaminasi bakteri selama atau setelah diperah. Kelenjar susu sapi (dan manusia) dapat meradang karena infeksi bakteri yang disebut mastitis. Selama infeksi mastitis, jumlah bakteri yang sangat tinggi dapat berada di ambing dan di dalam susu. Beberapa organisme penyebab penyakit (patogen) dapat keluar melalui kotoran sapi dan dapat mencemari bagian luar ambing dan puting, lingkungan peternakan (misalnya alas tidur) dan peralatan pemerah susu. Walaupun kondisi pertumbuhan optimal untuk bakteri berbeda untuk organisme yang berbeda, susu mengandung komponen nutrisi penting untuk pertumbuhan mamalia, dan oleh karena itu, susu juga merupakan media yang ideal untuk pertumbuhan berbagai bakteri. Suhu berperan penting dalam pertumbuhan bakteri. Banyak bakteri lebih suka tumbuh pada suhu tubuh (86-98 °F, 30-37 °C), tetapi akan tumbuh pada suhu yang lebih rendah (seperti suhu lemari es) dengan kecepatan yang lebih lambat.

Area mikrobiologi susu luas dan beragam. Bakteri yang ada dalam produk susu dapat menyebabkan penyakit atau pembusukan. Beberapa bakteri mungkin secara khusus ditambahkan ke susu untuk fermentasi untuk menghasilkan produk seperti yogurt dan keju. Pembahasan rinci tentang bakteri fermentasi berada di luar cakupan ini, meskipun organisme ini dibahas secara singkat di bagian produksi yogurt dan produksi keju. Bagian ini

didedikasikan untuk pembahasan patogen karena pentingnya patogen dalam kesehatan manusia.

Penyakit manusia akibat patogen yang ditularkan melalui susu biasanya dikaitkan dengan konsumsi susu mentah atau produk yang terbuat dari susu mentah seperti keju segar. Dalam 20 tahun terakhir, penyakit bawaan makanan akibat konsumsi produk susu terutama dikaitkan dengan *Salmonella enterica*, *Listeria monocytogenes*, *Campylobacter jejuni*, dan *Escherichia coli* O157: H7. Organisme ini telah diisolasi dari sampel tangki curah dengan laju mulai dari 0,87% sampel yang diambil untuk analisis *E. coli* O157: H7 di Ontario, Kanada hingga 10% untuk *E. coli* O157: H7 di Wisconsin (Jayarao et al., 2001 dan 2006; McManus dan Lanier, 1987; Padhye dan Doyle, 1991; Steele et al., 1997; Van Kessel et al., 2004). Karena terdapat risiko kontaminasi patogen pada susu yang dihasilkan dari sapi sehat dalam kondisi susu sanitasi, pasteurisasi susu sebelum dikonsumsi akan menghancurkan patogen dan memberikan perlindungan terhadap penyakit yang terkait dengan konsumsi mikroba berbahaya. Kadang-kadang, penyakit manusia telah dikaitkan dengan produk susu yang dipasteurisasi tetapi kasus ini biasanya disebabkan oleh kontaminasi produk setelah pasteurisasi atau pasteurisasi yang tidak tepat.

Standar Mikroba untuk Susu

Standar Mikroba untuk Susu Mentah dan Susu Pasteurisasi

Standar susu Negara Bagian New York (New York Ag and Markets, 2006) didasarkan pada yang ditentukan dalam FDA Pasteurized Milk Ordinance (PMO, 2017). Peraturan produk susu berbeda dari satu negara bagian ke negara bagian lain, dan beberapa negara bagian mungkin memiliki standar yang berbeda.

Tabel-1. Uji bakteri susu.

Susu	Uji	Batas maksimum
Susu prapasteurisasi untuk penggunaan Grade A.	Total bakteri	Produsen individu tidak melebihi 100.000 / mL ¹
		Dicampur tidak melebihi 300.000 / mL ²
	Jumlah sel somatik	Produsen individu tidak melebihi 750.000 / mL
	Obat-obatan	Tidak ada tes positif atas deteksi residu obat
Susu pasteurisasi Grade A	Total bakteri	20.000/mL
	Coliform	Tidak melebihi 10/mL
Susu mentah ³	Total bakteri	30.000/mL
	Jumlah sel somatik	Tidak melebihi 750.000/mL
	Obat-obatan	Tidak ada tes positif atas deteksi residu obat

¹Produsen susu perorangan adalah susu yang masih ada di peternakan.

²Susu campur adalah susu yang telah keluar dari peternakan dan telah dicampur dengan susu produsen individu lainnya di dalam tangki, baik selama pengiriman atau di pabrik pengolahan.

³Peraturan negara bagian New York untuk susu mentah yang dimaksudkan untuk dikonsumsi sebagai susu mentah.

Uji Mikroba untuk Susu Mentah dan Pasteurisasi

Untuk informasi lebih lanjut tentang mikroba dan tes lain yang dilakukan pada susu, lihat referensi literatur oleh Cornell University (1998) dan Wehr dan Frank (2004).

Jumlah Bakteri

Jumlah total bakteri adalah jumlah bakteri dalam sampel yang dapat tumbuh dan membentuk koloni yang dapat dihitung pada Agar Metode Standar setelah disimpan pada suhu 32 ° C (90 ° F) selama 48 jam.

Jumlah Coliform

Jumlah koliform adalah jumlah koloni dalam sampel yang tumbuh dan membentuk koloni yang dapat dihitung khas pada Agar Empedu Merah Violet setelah disimpan pada suhu 32 ° C (90 ° F) selama 24 jam. Coliform umumnya hanya ada pada makanan yang tercemar tinja atau lingkungan.

Jumlah Sel Somatik

Sel somatik adalah sel darah yang melawan infeksi dan terjadi secara alami dalam susu. Adanya mastitis (infeksi pada kelenjar susu) pada sapi akan meningkatkan jumlah sel somatik. Jumlah sel somatik dapat ditentukan dengan pemeriksaan mikroskopis langsung atau dengan instrumen elektronik yang dirancang untuk menghitung sel somatik.

Antibiotik dalam Susu

Antibiotik digunakan di banyak peternakan untuk mengobati infeksi mastitis. Sapi yang menjalani pengobatan antibiotik untuk infeksi mastitis mungkin memiliki residu antibiotik dalam susunya, oleh karena itu, susu dari sapi yang diobati dibuang atau dikumpulkan ke dalam tangki terpisah. Susu yang mengandung residu antibiotik tidak digunakan untuk konsumsi manusia. Standar hukum, sebagaimana didefinisikan oleh FDA, mensyaratkan bahwa susu tidak mengandung antibiotik yang dapat dideteksi ketika dianalisis menggunakan metode uji yang disetujui (Grade A Pasteurized Milk Ordinance, 2007).

Setiap truk tangki susu di AS diuji keberadaan residu antibiotik yang umum. Secara khusus, susu dipompa dari tangki di peternakan ke dalam bagasi tangki untuk dikirim ke pabrik pengolahan. Sopir truk tangki mengambil sampel susu setiap peternakan sebelum susu tersebut dipompa ke dalam truk. Sebelum susu dapat diturunkan di pabrik pengolahan, setiap muatan diuji residu antibiotiknya. Jika susu tidak menunjukkan bukti adanya antibiotik, maka susu tersebut akan dipompa ke dalam tangki penampungan tanaman untuk diproses lebih lanjut. Jika susu tidak lolos uji antibiotik, seluruh muatan truk susu dibuang dan sampel peternakan diuji untuk menemukan sumber residu antibiotik. Tindakan regulasi diambil terhadap peternakan dengan uji antibiotik positif.

Mastitis dan Sel Somatik

Halaman ini menjelaskan secara singkat dan menjelaskan hubungan antara infeksi Mastitis pada sapi, dan keberadaan Sel Somatik dalam susu. Untuk informasi lebih lanjut, lihat situs web National Mastitis Council, karena beberapa artikel di situs web mereka membahas Mastitis dan Pengendaliannya, Primer Sel Somatik, dan Jumlah Sel Somatik, Mastitis, dan Kualitas Produk Susu.

Mastitis

Mastitis adalah peradangan pada ambing, biasanya disebabkan oleh infeksi mikrobiologis. Mastitis dapat terjadi pada semua mamalia, termasuk manusia. Banyak jenis mikroba dapat menyebabkan infeksi dan mereka dapat ditularkan dari kedua sumber lingkungan (misalnya, air yang terkontaminasi, tanah, tempat tidur) dan dari sumber yang menular (dari sapi lain yang terinfeksi). Mikroba bisa masuk ambing dan berkembang biak. Mikroba tersebut dapat masuk ke dalam susu saat melewati ambing selama proses pemerahan. Mastitis pada sapi (atau hewan perah lainnya) dapat menjadi sumber bakteri penyebab penyakit (patogen) dan organisme pembusuk pada susu.

Susu dari sapi yang terinfeksi mastitis umumnya memiliki jumlah total bakteri dan jumlah sel somatik yang lebih tinggi daripada susu dari sapi yang tidak terinfeksi. Oleh karena itu, jumlah bakteri dan jumlah sel somatik digunakan oleh peternak sapi perah dan pengolah sebagai indikator kualitas susu. Secara umum, semakin tinggi jumlahnya, semakin rendah kualitas susu. Susu dari sapi mastitis mungkin memiliki rasa yang tidak enak dan dapat mengalami penurunan lemak dan protein susu lebih cepat daripada susu dari sapi yang sehat.

Terdapat standar regulasi untuk jumlah mikroba (jumlah total bakteri) serta kontrol kualitas dan parameter kesehatan manusia (jumlah sel somatik, dan residu obat antibiotik) dalam susu, sebagaimana ditentukan oleh Grade A Pasteurized Milk Ordinance (2005). Sapi dengan mastitis biasanya dipisahkan dari kawanannya untuk membantu mengendalikan penyebaran infeksi dan untuk memastikan kualitas susu yang diproduksi di peternakan itu. Di beberapa peternakan, sapi dengan mastitis dirawat karena infeksi dengan antibiotik. Susu dari sapi yang dirawat dibuang atau dialihkan ke tangki terpisah untuk mencegah kontaminasi susu yang dikumpulkan dari sapi sehat. Susu dari sapi yang diberi antibiotik tidak digunakan untuk konsumsi manusia.

Sel Somatik

Sel somatik adalah sel dari sapi (terutama sel darah putih, atau dikenal sebagai leukosit) yang biasanya terdapat dalam susu. Selama sebagian besar infeksi mastitis, jumlah sel somatik yang ada di ambing meningkat untuk membantu sapi melawan infeksi. Ada beberapa jenis sel somatik yang memiliki fungsi berbeda dalam melawan infeksi. Sel somatik dapat mengandung enzim lipolitik dan proteolitik, yang masing-masing mendegradasi lemak dan protein. Peningkatan jumlah sel somatik selama infeksi mastitis meningkatkan jumlah enzim perusak yang ada dalam susu, yang meningkatkan laju kerusakan lemak dan protein susu.

Sifat Antibakteri Susu

Halaman ini menjelaskan sifat antibakteri dari 2 protein minor dalam susu, Laktoferin dan Laktoperoksidase.

Laktoferin

Laktoferin adalah protein pengikat zat besi yang ditemukan dalam susu, air liur, dan cairan tubuh mamalia lainnya. Laktoferin yang dimurnikan telah terbukti dalam studi penelitian memiliki beberapa aktivitas antibakteri terhadap *Escherichia coli* O157: H7, *Listeria monocytogenes*, dan patogen bawaan makanan lainnya serta organisme pembusuk.

Laktoferin yang dimurnikan (> 95%) diproduksi dalam skala komersial dari susu skim dan whey keju. Meskipun kandungan laktoferin alami susu rendah, ketersediaan susu dan whey dalam jumlah besar menyediakan sumber bahan yang baik untuk produksi laktoferin. Teknik pemurnian menggunakan proses pasteurisasi panas tinggi (194-212 ° F (90-100 ° C) selama 5 hingga 10 menit) untuk menonaktifkan bakteri dan virus yang mungkin ada dalam susu mentah. Akibatnya, kondisi pasteurisasi yang digunakan untuk minuman susu tidak merusak aktivitas laktoferin.

Laktoferin yang dimurnikan digunakan secara komersial dalam susu formula bayi, susu, yogurt, dan suplemen nutrisi. Konsentrasi khas laktoferin yang secara alami ada dalam minuman susu adalah 0,1 gr / kg (Walstra et al., 1999). Saat ini tidak ada laporan yang tersedia dalam literatur ilmiah yang telah mengevaluasi keefektifan tingkat alami laktoferin dalam susu untuk mencegah penyakit dari patogen yang mungkin ada dalam susu yang sama.

Untuk informasi lebih lanjut tentang sifat antibakteri laktoferin lihat referensi oleh Dionysius dan Milne (1997), Lönnerdal (2003), Shin et al. (1998), Tomita dkk. (2002).

Laktoperoksidase

Laktoperoksidase adalah salah satu enzim paling stabil terhadap panas yang ditemukan dalam susu. *Laktoperoksidase* memiliki aktivitas antibakteri bila dikombinasikan dengan hidrogen peroksida dan tiosianat. Sistem *laktoperoksidase* telah digunakan untuk mengurangi pembusukan dan memperpanjang umur simpan susu mentah di negara-negara di mana pendinginan mungkin tidak tersedia (misalnya, India). Sistem *laktoperoksidase* telah terbukti efektif dalam mengurangi pertumbuhan *Listeria monocytogenes* dalam susu mentah pada suhu lemari es.

Kehadiran *laktoperoksidase* dalam susu mentah dapat menghambat penyakit yang menyebabkan mikroorganisme (patogen) yang ada dalam susu. Namun, karena hidrogen peroksida dan tiosianat harus ditambahkan ke susu untuk mengaktifkan sistem untuk mencapai manfaat antibakteri, (karena senyawa terakhir tidak secara alami ada dalam susu mentah), sistem *laktoperoksidase* tidak mungkin berkontribusi secara signifikan untuk mengendalikan patogen. dalam susu mentah segar.

Untuk informasi lebih lanjut tentang sifat antibakteri dari sistem *laktoperoksidase* lihat referensi oleh Gaya et al. (1991), Gupta et al. (1986), dan Pruitt (2003).

Mikroorganisme yang Menjadi Perhatian dalam Susu

Sub bab ini menjelaskan patogen yang ditularkan melalui susu dan penyakitnya yang terkait, serta beberapa mikroorganisme penting lainnya dalam susu. Tabel yang meringkas karakteristik penyakit dari patogen utama susu disajikan di awal bagian ini, diikuti dengan pembahasan yang lebih rinci tentang mikroorganisme dalam susu, yang tercantum dalam urutan abjad: *Brucella spp.*, *Campylobacter jejuni*, *Coliforms*, *Coxiella burnetii*, *Escherichia coli* O157: H7, *Listeria monocytogenes*, *Mycobacterium bovis* dan *tuberculosis*, *Mycobacterium paratuberculosis*, Bakteri Psikrotrofik, *Salmonella spp.*, dan *Yersinia enterocolitica*.

Kasus penyakit manusia yang terkait dengan konsumsi produk susu tercantum di Bagian Wabah Penyakit yang Berhubungan dengan Produk Susu.

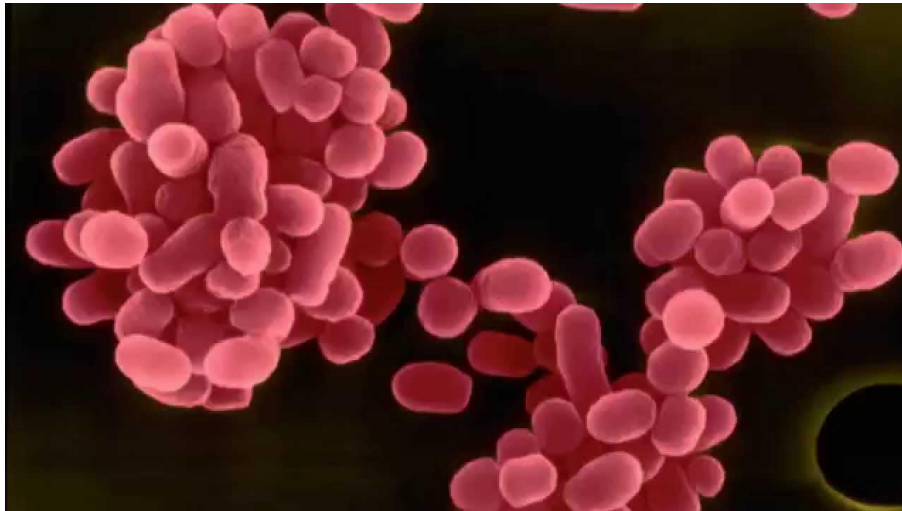
Tabel 2. Patogen utama yang ditularkan melalui susu dan penyakit terkaitnya.

Organisme	Penyakit	Gejala Penyakit	Sumber
<i>Campylobacter jejuni</i>	Gastroenteritis	Diare, sakit perut, demam	Saluran usus dan feces
<i>Coxiella burnetii</i>	Demam Q	Menggigil, demam, lemas, sakit kepala, kemungkinan endokarditis	Sapi, domba, dan kambing yang terinfeksi
<i>Escherichia coli</i> O157:H7	Gastroenteritis	Diare, sakit perut, diare berdarah	Saluran usus dan feces
	<i>Hemolytic uremic syndrome</i> (HUS)	Gagal ginjal, kemungkinan kematian	
<i>Listeria monocytogene</i>	Listeriosis	Gejala mirip flu, keguguran, lahir mati, kematian janin, dan aborsi spontan	Air, tanah, lingkungan
<i>Mycobacterium bovis</i> atau <i>tuberculosis</i>	Tuberkulosis	Penyakit paru	Hewan yang terinfeksi
<i>Mycobacterium paratuberculosis</i>	Johne's (ruminansia)	Tautan yang belum dikonfirmasi ke penyakit Crohn pada manusia	Hewan yang terinfeksi
<i>Salmonella spp.</i>	Gastroenteritis	Diare, mual, demam	Feses dan lingkungan
	Demam tifoid		
<i>Yersinia enterocolitica</i>	Gastroenteritis	Diare, usus buntu	Lingkungan, air, hewan yang tertular

Brucella spp.

Spesies *Brucella (spp.)* Ditemukan di banyak spesies hewan termasuk sapi, domba, dan kambing. *Brucella spp.* dihancurkan dengan pasteurisasi.

Brucella spp. menyebabkan penyakit dengan gejala mirip flu dan meliputi demam, berkeringat, sakit kepala, sakit punggung, dan kelemahan fisik. Dalam beberapa kasus, gejala demam yang berlangsung lama, nyeri sendi, dan kelelahan dapat terjadi.

Gambar-3.1. *Brucella spp.*

Campylobacter jejuni

Campylobacter jejuni ditemukan di saluran usus, ambing, dan kotoran sapi, unggas dan burung liar, dan di sumber air yang terkontaminasi. *Campylobacter jejuni* dihancurkan dengan pasteurisasi. *Campylobacter jejuni* adalah salah satu bakteri penyebab penyakit diare yang paling umum di AS. Penyakit sering kali muncul sebagai peristiwa sporadis dan dalam wabah yang lebih besar.

Gambar-3.2. *Campylobacter jejuni*.

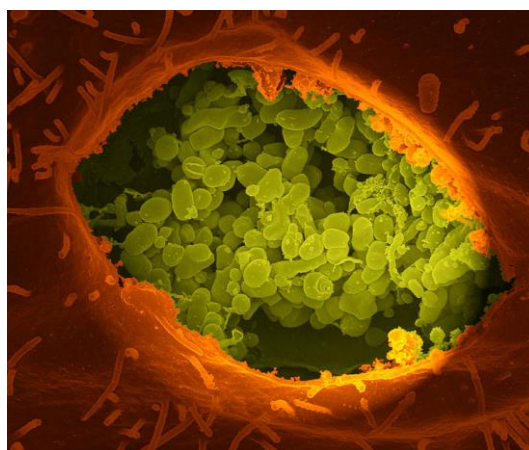
Campylobacter jejuni umumnya menyebabkan penyakit 2 sampai 5 hari setelah terpapar, dan penyakit biasanya berlangsung 5 sampai 10 hari. Gejala *campylobacteriosis* termasuk diare, diare berdarah, sakit perut, kram, mual, muntah, dan demam. Penderita *Campylobacteriosis* biasanya sembuh tanpa pengobatan khusus selain penggantian cairan dan elektrolit. Pada beberapa orang dengan sistem kekebalan yang terganggu, infeksi *Campylobacter jejuni* dapat menyebabkan penyakit yang lebih serius, sindrom Guillan-Barré

dan sindrom Reiter. Sindrom Guillan-Barré adalah kelainan yang menyebabkan kelumpuhan neuromuskuler sementara, meskipun 20% dari mereka yang terinfeksi mungkin memiliki kecacatan jangka panjang dan dapat menyebabkan kematian. Sindrom Reiter adalah artritis reaktif yang dapat mempengaruhi banyak sendi, terutama sendi lutut.

Prevalensi *Campylobacter jejuni* sangat luas. Telah dilaporkan dalam sampel susu mentah tangki curah di Illinois, Michigan, Minnesota, Ohio, Pennsylvania, South Dakota, Tennessee, Virginia, dan Wisconsin, menunjukkan bahwa organisme tersebut ada di mana-mana. Dalam studi ini, *Campylobacter jejuni* ditemukan di 0,4 sampai 12,3% dari sampel susu tangki curah (Doyle dan Roman, 1982; Jayarao et al., 2001 dan 2006; Lovett et al., 1983; McManus dan Lanier, 1987; dan Rohrbach dkk., 1992).

Coxiella burnetii

Coxiella burnetii ditemukan pada banyak hewan di seluruh dunia dan dibuang melalui susu, air seni, dan kotoran sapi, kambing, dan domba. *Coxiella burnetii* dianggap sebagai patogen non-pembentuk spora yang paling tahan panas yang biasa ditemukan dalam susu, dan kondisi yang ditetapkan untuk pasteurisasi susu secara khusus dirancang untuk menghancurkan organisme ini.



Gambar-3.3. *Coxiella burnetii*

Coxiella burnetii menyebabkan demam Q, penyakit yang ditandai dengan demam tinggi yang tiba-tiba, sakit kepala parah, mual, muntah, diare, sakit perut, nyeri dada, menggigil, berkeringat, sakit tenggorokan, batuk tidak produktif, dan rasa tidak enak badan. Demam bisa berlangsung selama 1 hingga 2 minggu. Kebanyakan pasien sembuh tanpa pengobatan apapun, meskipun *Coxiella burnetii* dapat menyebabkan kematian.

Prevalensi *Coxiella burnetii* > 94% dalam sampel susu mentah dari wilayah Timur Laut, Barat Tengah, dan Barat AS yang diuji antara 2001 dan 2003 (Kim et al., 2005).

***Escherichia coli* O157: H7**

Escherichia coli O157: H7 adalah salah satu strain dalam keluarga besar bakteri. Strain dari *Escherichia coli* (*E. coli*) dianggap *fecal coliforms*. Kebanyakan strain *Escherichia coli* tidak menyebabkan penyakit dan hidup di saluran usus manusia dan hewan yang sehat. *E. coli*

O157: H7 ditemukan di saluran usus dan feses sapi. *E. coli* O157: H7 dihancurkan dengan pasteurisasi.

E. coli O157: H7 menghasilkan racun yang menyebabkan penyakit pada manusia. Gejala penyakit termasuk diare berdarah dan kram perut. Dalam beberapa kasus, terutama pada anak kecil, infeksi *E. coli* O157: H7 menyebabkan sindrom uremik hemolitik, yang menghancurkan sel darah merah dan menyebabkan kerusakan atau gagal ginjal, dan dalam beberapa kasus kematian.

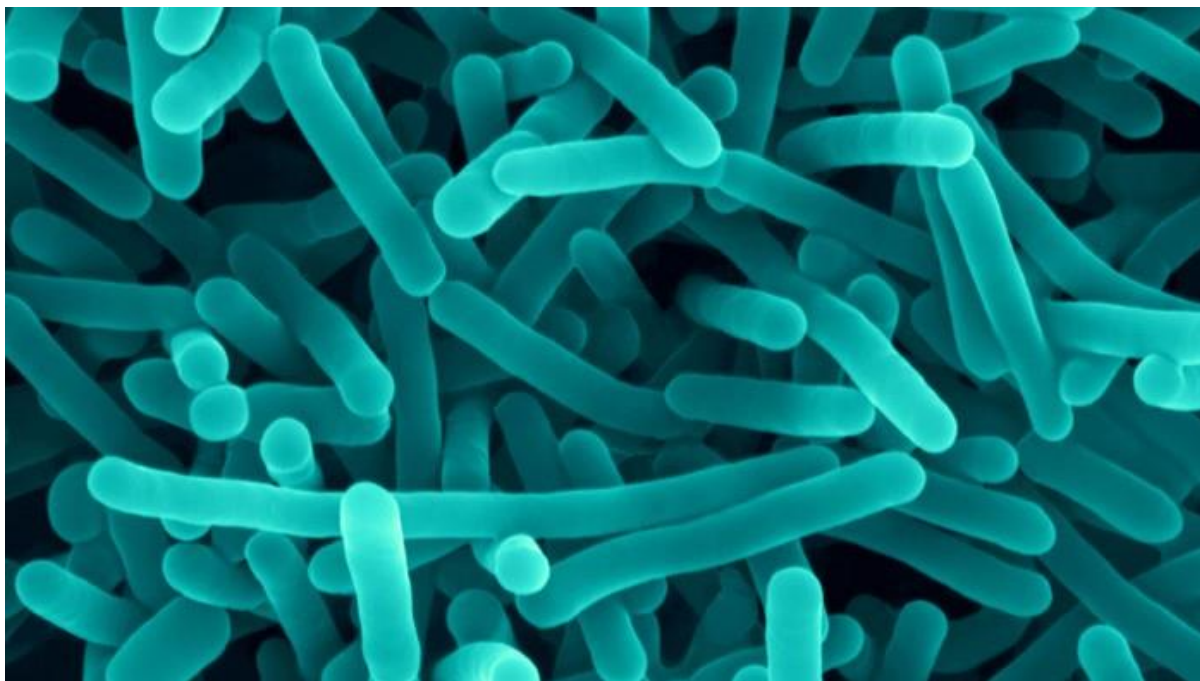


Gambar-3.4. *E. coli* O157: H7

Prevalensi *E. coli* O157: H7 dan *E. coli* penghasil racun *Shiga* telah dilaporkan untuk sampel susu mentah tangki curah di Minnesota, Pennsylvania, South Dakota, Wisconsin dan Ontario. *E. coli* O157: H7 ditemukan di 0,87 sampai 10% dari sampel susu tangki curah yang diuji (Jayarao et al., 2001 dan 2006; Padhye dan Doyle, 1991; dan Steele et al., 1997).

Listeria monocytogene

Listeria monocytogene ditemukan di tanah dan air dan telah diisolasi dari sejumlah besar sumber lingkungan. *Listeria monocytogene* dihancurkan dengan pasteurisasi, tetapi jika produk makanan terkontaminasi setelah pasteurisasi, *Listeria monocytogene* dapat tumbuh pada suhu lemari es. Penyakit dapat terjadi sebagai peristiwa sporadis atau wabah yang lebih besar.



Gambar-3.5. *Listeria monocytogene*

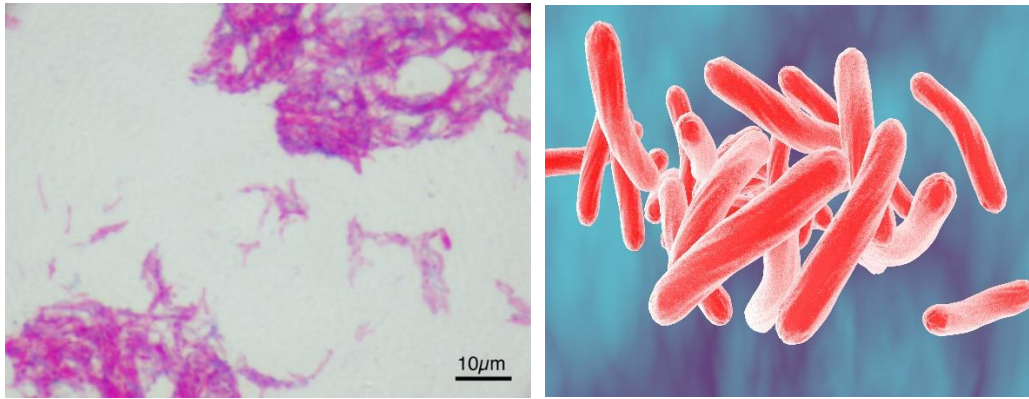
Listeria monocytogene biasanya menyebabkan penyakit pada orang dewasa yang hamil, bayi baru lahir, orang tua, dan pasien dengan sistem kekebalan yang terganggu, tetapi orang dewasa yang sehat dan anak-anak juga dapat terinfeksi. Gejala *Listeriosis* meliputi gejala mirip flu, demam, nyeri otot, leher kaku, sakit kepala, septikemia, meningitis, keguguran, lahir mati, persalinan prematur, aborsi, atau kematian.

Prevalensi *Listeria monocytogenes* telah dilaporkan untuk sampel susu mentah tangki curah di masing-masing negara bagian (atau dikelompokkan berdasarkan wilayah) untuk California, Colorado, Florida, Idaho, Illinois, Indiana, Iowa, Kentucky, Massachusetts, Michigan, Minnesota, Missouri, Nebraska, New Mexico, New York, Ohio, Pennsylvania, South Dakota, Tennessee, Texas, Washington, Wisconsin, Vermont, Virginia, dan di Alberta dan Ontario, Kanada. *Listeria monocytogenes* ditemukan hingga 12% dari sampel susu tangki curah yang diuji (Farber et al., 1987; Fedio dan Jackson, 1990; Jayarao et al., 2001 dan 2006; McManus dan Lanier, 1987; Liewen dan Plautz, 1988 ; Lovett et al., 1987; Rohrbach et al., 1992; Slade et al., 1988; Steele et al., 1997; dan Van Kessel et al., 2004), menggambarkan keberadaan *Listeria monocytogenes* yang tersebar luas dalam susu yang tidak dipasteurisasi.

Mycobacterium bovis* dan *Mycobacterium tuberculosis

Mycobacterium bovis dan *Mycobacterium tuberculosis* ditemukan pada ternak yang terinfeksi di seluruh dunia. Kedua organisme ini dihancurkan dengan pasteurisasi.

Mycobacterium bovis dan *Mycobacterium tuberculosis* menyebabkan tuberkulosis, penyakit paru-paru. Tuberkulosis di AS tidak terlalu umum saat ini, meskipun secara historis susu merupakan sumber umum tuberkulosis. Tuberkulosis menjadi perhatian di banyak bagian dunia.



(a)

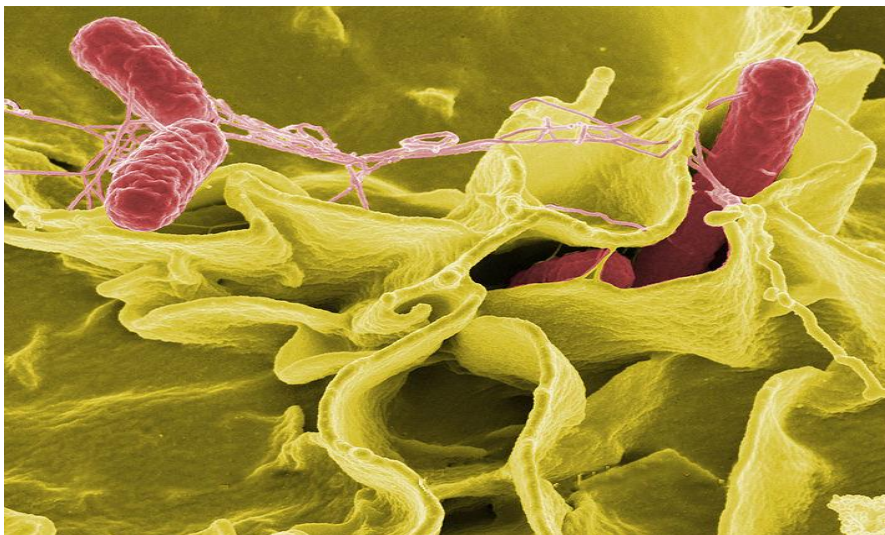
(b)

Gambar-3.6. (a) *Mycobacterium bovis* dan (b) *Mycobakterium tuberculosis*.***Mycobacterium paratuberculosis***

Mycobacterium paratuberculosis menyebabkan penyakit Johne pada sapi. Telah dikemukakan bahwa *Mycobacterium paratuberculosis* mungkin terkait dengan penyakit Crohn, kelainan usus, pada manusia, tetapi hal ini belum dikonfirmasi.

Salmonella spp.

Spesies *Salmonella* (spp.) Mengandung beberapa strain yang menyebabkan penyakit pada manusia, yang paling banyak dijumpai adalah serotipe Enteriditis dan *Typhimurium*. *Salmonella* telah ditemukan di saluran usus semua hewan berdarah panas termasuk manusia. *Salmonella* dihancurkan dengan pasteurisasi.

Gambar-3.7. *Salmonella spp.*

Salmonella spp. menyebabkan penyakit yang dapat berkembang 12 hingga 72 jam setelah terpapar, dan dapat berlangsung 4 hingga 7 hari. Gejala Salmonellosis termasuk diare, kram perut, dan demam. Kebanyakan orang sembuh tanpa pengobatan selain penggantian cairan dan elektrolit. Beberapa kasus mungkin parah dan memerlukan rawat inap. Sejumlah

kecil orang dapat mengembangkan sindrom Reiter, yang merupakan artritis reaktif yang dapat mempengaruhi banyak sendi, terutama sendi lutut.

Prevalensi *Salmonella spp.* telah dilaporkan untuk sampel susu tangki curah di masing-masing negara bagian (atau dikelompokkan menurut wilayah) untuk California, Colorado, Florida, Idaho, Illinois, Indiana, Iowa, Kentucky, Michigan, Minnesota, Missouri, New Mexico, New York, Ohio, Pennsylvania, South Dakota, Tennessee, Texas, Washington, Wisconsin, Vermont, Virginia, dan Ontario, Kanada. *Salmonella spp.* ditemukan di 0,17 hingga 8,9% dari sampel susu tangki curah yang diuji (Jayarao et al., 2001 dan 2006; McManus dan Lanier, 1987; Rohrbach et al., 1992; dan Van Kessel et al., 2004), menunjukkan penyebaran adanya *Salmonella* dalam susu yang tidak dipasteurisasi.

Yersinia enterocolitica

Yersinia enterocolitica ditemukan di saluran usus hewan ternak, terutama babi, dan di lingkungan. *Yersinia enterocolitica* dihancurkan dengan pasteurisasi, tetapi jika produk makanan terkontaminasi setelah pasteurisasi, *Yersinia enterocolitica* dapat tumbuh pada suhu lemari es.



Gambar-3.8. *Yersinia enterocolitica*

Yersinia enterocolitica menyebabkan penyakit dengan gejala demam, sakit perut dan diare.

Prevalensi *Yersinia enterocolitica* telah dilaporkan untuk sampel susu tangki curah di Michigan, Minnesota, Pennsylvania, South Dakota, Tennessee, Wisconsin, Virginia, dan Ontario, Kanada. *Yersinia enterocolitica* ditemukan pada 1,2 hingga 18% sampel susu tangki curah yang diuji (Jayarao et al., 2001 dan 2006; Moustafa et al., 1983; Rohrbach et al., 1992;

dan Schiemann, 1978). McManus dan Lanier (1987) melaporkan *Yersinia enterocolitica* pada 48,1% dari sampel yang diuji, tetapi semuanya adalah strain lingkungan dan non-patogen.

Bakteri Penting Lainnya

Coliform

Coliform adalah sekelompok besar bakteri yang ditemukan di usus hewan berdarah panas. Kebanyakan *coliform* tidak patogen, tetapi keberadaannya mengindikasikan kontaminasi, biasanya dari sumber tinja. *Coliform* dihancurkan dengan pasteurisasi.

Prevalensi *coliform* terdeteksi di 62 hingga 95% susu tangki curah mentah yang diuji di wilayah yang mencakup California, Colorado, Florida, Idaho, Illinois, Indiana, Iowa, Kentucky, Michigan, Minnesota, Missouri, New Mexico, New York, Ohio, Pennsylvania, South Dakota, Tennessee, Texas, Washington, Wisconsin, Vermont, dan Virginia (Jayarao dan Wang, 1999; dan Van Kessel et al., 2004), menunjukkan keberadaan organisme ini di mana-mana dalam susu yang tidak dipasteurisasi.



Gambar-3.9. Bakteri psikotrofik (*Archaeobacteria* dan *Eubacteria*)

Bakteri Psikrotrofik

Bakteri psikrotrofik bukanlah jenis atau keluarga bakteri tertentu, melainkan ini adalah nama yang diberikan untuk bakteri yang mampu tumbuh pada suhu 44,6 ° F (7 ° C) atau kurang. Kelompok mikroba ini menjadi perhatian dalam produk susu karena mereka tumbuh pada suhu lemari es dan menyebabkan pembusukan, seringkali menghasilkan rasa yang tidak enak. Psikrotrof paling umum ada di genus *Pseudomonas*. Organisme ini dibunuh dengan pasteurisasi, tetapi dapat terjadi pada susu dari kontaminasi setelah pasteurisasi. Beberapa

bakteri patogen bersifat psikrotrofik, termasuk *Listeria monocytogenes*, *Yersinia enterocolitica*, beberapa strain *E. coli* dan beberapa strain *Bacillus*.

Daftar Pustaka

- Altekruse, S. F., M. L. Cohen. *Emerging Foodborne Diseases*. 1997. **Emerg. Infect. Dis.** **3**:285-294.
- Altekruse, S. F., N. J. Stern, P. I. Fields, and D. L. Swerdlow. *Campylobacter jejuni – An Emerging Foodborne Pathogen*. 1999. **Emerg. Infect. Dis.** **4**:28-35.
- Black, R. E., R. J. Jackson, T. Tsai, M. Medvesky, M. Shayegani, J. C. Feeley, K. I. E. MacLeod, and A. H. Wakelee. *Epidemic Yersinia enterocolitica Infection Due to Contaminated Chocolate Milk*. 1978. **New Engl. J. Med.** **298**:76-79.
- Boor, K. J. *Pathogenic Microorganisms of Concern to the Dairy Industry*. 1997. **Dairy, Food and Environ. Sanitation.** **17**:714-717.
- Boor, K. J., and S. C. Murphy. *The Microbiology of Market Milks*. In: *Dairy Microbiology Handbook*. 2002, 3rd Ed., R. K. Robinson, ed. Wiley-Interscience, A John Wiley & Sons, Inc., Publication, New York. pp. 91-122.
- Center for Disease Control and Prevention (CDC). *Raw-Milk Associated Illness – Oregon, California*. 1981a. **Morbidity and Mortality Weekly Report.** **30**:90-97. U.S. Dept. of Health and Human Services, Centers for Disease Control and Prevention, Atlanta, GA.
- Center for Disease Control and Prevention (CDC). *Salmonellosis Associated with Raw Milk – Montana*. 1981b. **Morbidity and Mortality Weekly Report.** **30**:211-212. U.S. Dept. of Health and Human Services, Centers for Disease Control and Prevention, Atlanta, GA.
- Center for Disease Control and Prevention (CDC). *Salmonella dublin Associated with Raw Milk – Washington State*. 1981c. **Morbidity and Mortality Weekly Report.** **30**:373-374. U.S. Dept. of Health and Human Services, Centers for Disease Control and Prevention, Atlanta, GA.
- Center for Disease Control and Prevention (CDC). *Outbreak of Campylobacter Enteritis Associated with Raw Milk – Kansas*. 1981d. **Morbidity and Mortality Weekly Report.** **30**:218-220. U.S. Dept. of Health and Human Services, Centers for Disease Control and Prevention, Atlanta, GA.
- Center for Disease Control and Prevention (CDC). *Campylobacteriosis Associated with Raw Milk Consumption – Pennsylvania*. 1983a. **Morbidity and Mortality Weekly Report.** **32**:337-338, 344. U.S. Dept. of Health and Human Services, Centers for Disease Control and Prevention, Atlanta, GA.
- Center for Disease Control and Prevention (CDC). *Group C Streptococcal Infections Associated with Eating Homemade Cheese – New Mexico*. 1983b. **Morbidity and Mortality Weekly Report.** **32**:510, 515-516. U.S. Dept. of Health and Human Services, Centers for Disease Control and Prevention, Atlanta, GA.
- Center for Disease Control and Prevention (CDC). *Salmonellosis Associated with Cheese Consumption – Canada*. 1984a. **Morbidity and Mortality Weekly Report.** **33**:387. U.S. Dept. of Health and Human Services, Centers for Disease Control and Prevention, Atlanta, GA.

- Center for Disease Control and Prevention (CDC). *Salmonellosis from Inadequately Pasteurized Milk – Kentucky*. 1984b. **Morbidity and Mortality Weekly Report**. **33**:505-506. U.S. Dept. of Health and Human Services, Centers for Disease Control and Prevention, Atlanta, GA.
- Center for Disease Control and Prevention (CDC). *Epidemiologic Notes and Reports Campylobacter Outbreak Associated with Certified Raw Milk Products – California*. 1984c. **Morbidity and Mortality Weekly Report**. **33**:562. U.S. Dept. of Health and Human Services, Centers for Disease Control and Prevention, Atlanta, GA.
- Center for Disease Control and Prevention (CDC). *Epidemiologic Notes and Reports Listeriosis Outbreak Associated with Mexican-Style Cheese – California*. 1985. **Morbidity and Mortality Weekly Report**. **34**:357-359. U.S. Dept. of Health and Human Services, Centers for Disease Control and Prevention, Atlanta, GA.
- Center for Disease Control and Prevention (CDC). *Epidemiologic Notes and Reports Campylobacter Outbreak Associated with Raw Milk Provided on a Dairy Tour – California*. 1986. **Morbidity and Mortality Weekly Report**. **35**:311-312. U.S. Dept. of Health and Human Services, Centers for Disease Control and Prevention, Atlanta, GA.
- Center for Disease Control and Prevention (CDC). *Emerging Infectious Diseases Outbreak of Salmonella enteritidis Associated with Nationally Distributed Ice Cream Products – Minnesota, South Dakota, and Wisconsin, 1994*. 1994. **Morbidity and Mortality Weekly Report**. **43**:740-741. U.S. Dept. of Health and Human Services, Centers for Disease Control and Prevention, Atlanta, GA.
- Center for Disease Control and Prevention (CDC). *Epidemiologic Notes and Reports Update: Milk-borne Salmonellosis – Illinois*. 1995. **Morbidity and Mortality Weekly Report**. **34**:215-216. U.S. Dept. of Health and Human Services, Centers for Disease Control and Prevention, Atlanta, GA.
- Center for Disease Control and Prevention (CDC). *Outbreak of Escherichia coli O157:H7 Infection Associated with Eating Fresh Cheese Curds – Wisconsin, June 1998*. 2000. **Morbidity and Mortality Weekly Report**. **49**:911-913. U.S. Dept. of Health and Human Services, Centers for Disease Control and Prevention, Atlanta, GA.
- Center for Disease Control and Prevention (CDC). *Outbreak of Listeriosis Associated with Homemade Mexican-Style Cheese – North Carolina, October 2000 – January 2001*. 2001. **Morbidity and Mortality Weekly Report**. **50**:560-562. U.S. Dept. of Health and Human Services, Centers for Disease Control and Prevention, Atlanta, GA.
- Center for Disease Control and Prevention (CDC). *Outbreak of Campylobacter jejuni Infections Associated with Drinking Unpasteurized Milk Procured through a Cow-Leasing Program – Wisconsin, 2001*. 2002. **Morbidity and Mortality Weekly Report**. **51**:548-549. U.S. Dept. of Health and Human Services, Centers for Disease Control and Prevention, Atlanta, GA.
- Center for Disease Control and Prevention (CDC). *Multistate Outbreak of Salmonella Serotype Typhimurium Infections Associated with Drinking Unpasteurized Milk – Illinois, Indiana, Ohio, and Tennessee, 2002–2003*. 2003. **Morbidity and Mortality Weekly Report**. **52**:613-615. U.S. Dept. of Health and Human Services, Centers for Disease Control and Prevention, Atlanta, GA.
- Center for Disease Control and Prevention (CDC). *Human tuberculosis caused by Mycobacterium bovis – New York City 2001-2004*. 2005. **Morbidity and Mortality Weekly Report**. **54**:605-608. U.S. Dept. of Health and Human Services, Centers for Disease Control and Prevention, Atlanta, GA.

- Center for Disease Control and Prevention (CDC). *Foodborne Illness*. 2006. <http://www.cdc.gov/ncidod/diseases/food/index.htm>. Accessed Dec 18, 2006.
- Chambers, J. V. *The Microbiology of Raw Milk*. In: *Dairy Microbiology Handbook*. 2002, 3rd Ed., R. K. Robinson, ed. Wiley-Interscience, A John Wiley & Sons, Inc., Publication, New York. pp. 39-90.
- Cornell University, *Milk Quality Improvement Program. Basic Dairy Bacteriology*. Cornell University, Dept. of Food Science, Ithaca, NY. Accessed Dec. 18, 2006.
- Cornell University, *Milk Quality Improvement Program. Sources of Microbial Contamination as Detected by Various Bacteriological Procedures*. 1998. **Dairy Science Facts**. Cornell University, Dept. of Food Science, Ithaca, NY.
- Crist, W. L., R. J. Harmon, J. O'Leary, A. J. McAllister. *Mastitis and Its Control*. 1997. A bulletin of the Cooperative Extension Service, University of Kentucky, College of Agriculture. Obtained from the National Mastitis Council Web Site, www.nmconline.org. Accessed Dec. 30, 2006.
- Dalton, C. B., C. C. Austin, J. Sobel, P. S. Hayes, W. F. Bibb, L. M. Graves, B. Swaminathan, M. E. Proctor, and P. M. Griffin. *An Outbreak of Gastroenteritis and Fever Due to Listeria monocytogenes in Milk*. 1997. **New Engl. J. Med.** **336**:100-106.
- Dionysius, D. A., and J. M. Milne. *Antibacterial Peptides of Bovine Lactoferrin: Purification and Characterization*. 1997. **J. Dairy Sci.** **80**:667-674.
- Doyle, M. P., and D. J. Roman. *Prevalence and survival of Campylobacter jejuni in Unpasteurized Milk*. 1982. **Appl. Environ. Microbiol.** **44**:1154-1158.
- Eckman, M. R. *Brucellosis Linked to Mexican Cheese*. 1975. **JAMA**. **232**:636-637.
- Enright, J. B., W. W. Sadler, and R. C. Thomas. *Thermal Inactivation of Coxiella burnetii and Its Relation to Pasteurization of Milk*. 1957. **Public Health Monograph No. 47, Public Health Service Publication No. 517, issued concurrently with the October 1957 issue of Public Health Reports**, Vol. 72, No.10. United States Printing Office, Washington, D.C.
- Farber, J. M., G. W. Sanders, and S. A. Malcolm. *The Presences of Listeria spp. in Raw Milk in Ontario*. 1987. **Can J. Microbiol.** **34**:95-100.
- Fedio, W. M., and H. Jackson. *Incidence of Listeria monocytogenes in Raw Bulk Milk in Alberta*. 1990. **Can. Inst. Food Sci. Technol. J.** **23**:236-238.
- Fleming, D., S. L. Cochi, K. L. MacDonald, J. Brondum, P. S. Hayes, B. D. Plikaytis, M. B. Holmes, A. Audrier, C. V. Broome, and A. L. Reingold. *Pasteurized Milk as a Vehicle of Infection in an Outbreak of Listeriosis*. 1985. **New Engl. J. Med.** **312**:404-407.
- Garin-Bastuji, B., and J. M. Verger. *Brucella abortus and Brucella melitensis*. In: *Monograph on The Significance of Pathogenic Microorganisms in Raw Milk*. 1994. **Int. Dairy Fed.**, Brussels, Belgium. pp.167-185.
- Gaya, P., M. Medina, and M. Nuñez. *Effect of the Lactoperoxidase System on Listeria monocytogenes Behavior in Raw Milk at Refrigeration Temperatures*. 1991. **Appl. Environ. Microbiol.** **57**:3555-3360.

- Gupta, V. K., R. S. Patel, G. R. Patil, S. Singh, and B. N. Mathur. *Preservation of Milk with Hydrogen Peroxide and Lactoperoxidase/Thiocyanate/Hydrogen Peroxide Systems*. 1986. **Indian J. Dairy Sci.** **39**:269-276.
- Hahn, G. *Campylobacter jejuni*. In: *Monograph on The Significance of Pathogenic Microorganisms in Raw Milk*. 1994a. **Int. Dairy Fed.**, Brussels, Belgium. pp. 55-67.
- Hahn, G. *Yersinia enterocolitica*. In: *Monograph on The Significance of Pathogenic Microorganisms in Raw Milk*. 1994b. **Int. Dairy Fed.**, Brussels, Belgium. pp. 68-77.
- Hahn, G., and P. Koch. *Coxiella burnetii*. In: *Monograph on The Significance of Pathogenic Microorganisms in Raw Milk*. 1994. **Int. Dairy Fed.**, Brussels, Belgium. pp. 186-195.
- Harmon, R. J. *Somatic Cell Counts: A Primer. From the National Mastitis Council Annual Meeting Proceedings (2001)*. Obtained from the National Mastitis Council Web Site, www.nmconline.org. Accessed Dec. 30, 2006.
- Hennessey, T., C. W. Heberg, L. Slutsker, K. E. White, J. M. Besser-Wiek, M. E. Moen, J. Feldman, W. Coleman, L. M. Edmonson, K. L. MacDonald, M. T. Osterholm, and *The Investigation Team*. *A National Outbreak of Salmonella Enteritidis Infections from Ice Cream*. 1996. **New Engl. J. Med.** **334**:1281-1286.
- Int. Soc. for Infectious Diseases. *E. coli O157, Unpasteurized milk – USA (California) (03)*. 2006a. A ProMED-mail post, Sept. 29, 2006. Accessed Nov 28, 2006.
- Int. Soc. for Infectious Diseases. *E. coli O157, Unpasteurized milk – USA (Washington): Recall*. 2006b. A ProMED-mail post, Sept. 29, 2006. Accessed Nov. 28, 2006.
- Int. Soc. for Infectious Diseases. *Foodborne illness, Unpasteurized milk – USA (Ohio)*. 2006c. A ProMED-mail post, Sept. 29, 2006. Accessed Nov. 28, 2006.
- Jayarao, B. M., S. C. Donaldson, B. A. Straley, A. A. Sawant, N. V. Hegde, and J. L. Brown. *A Survey of Foodborne Pathogens in Bulk Tank Milk and Raw Milk Consumption Among Farm Families in Pennsylvania*. 2006. **J. Dairy Sci.** **89**:2451-2458.
- Jayarao, B. M., and D. R. Henning. *Prevalence of Foodborne Pathogens in Bulk Tank Milk*. 2001. **J. Dairy Sci.** **84**:2157-2162.
- Jayarao, B. M. and L. Wang. *A Study of the Prevalence of Gram-Negative Bacteria in Bulk Tank Milk*. 1999. **J. Dairy Sci.** **82**:2620-2624.
- Kim, S. G., E. H. Kim, C. J. Lafferty, and E. Dubovi. *Coxiella burnetii in Bulk Tank Milk Samples, United States*. 2005. **Emerg. Infect. Dis.** **11**:619-621.
- Liewen, M. B., and M. W. Plautz. *Occurrence of Listeria monocytogenes in Raw Milk in Nebraska*. 1988. **J. Food Prot.** **51**:840-841.
- Linnan, M. J., Mascola, X. D. Lou, V. Goulet, S. May, C. Salminen, D. W. Hird, M. L. Yonekura, P. Hayes, R. Weaver, A. Audurier, B. D. Plikaytis, S. L. Fannin, A. Kleks, and C. V. Broome. *Epidemic Listeriosis Associated with Mexican-Style Cheese*. 1988. **New Engl. J. Med.** **319**:823-828.
- Lonnerdal, B. *Lactoferrin*, in: *Advanced Dairy Chemistry*, Vol. 1: **Proteins**. 2003, 3rd Ed. P. F. Fox and P. L. H. McSweeney, eds. Kluwer Academic/Plenum Publishers, NY. pp. 449-466.

- Lovett, J., D. W. Francis, and J. M. Hunt. *Isolation of Campylobacter jejuni from Raw Milk*. 1983. **Appl. Environ. Microbiol.** **46**:459-462.
- Lovett, J., D. W. Francis, and J. M. Hunt. *Listeria monocytogenes in Raw Milk: Detection, Incidence, and Pathogenicity*. 1987. **J. Food Prot.** **50**:188-192.
- Martin, M. L., L. D. Shipman, J. G. Wells, M. E. Potter, K. Hedberg, I. K. Wachsmuth, and R. V. Tauxe. *Isolation of Escherichia coli O157:H7 from Dairy Cattle Associated with Two Cases of Haemolytic Uraemic Syndrome*. 1986. **Lancet.** **2**:1043.
- Mazurek, J., E. Salehi, D. Propes, J. Holt, T. Bannerman, L. M. Nicholson, M. Bundesen, R. Duffy, and R. L. Moolenaar. *A Multistate Outbreak of Salmonella enterica Serotype Typhimurium Infection Linked to Raw Milk Consumption – Ohio, 2003*. 2004. **J. Food Prot.** **67**:2165-2170.
- McManus, C., and J. M. Lanier. *Salmonella, Campylobacter jejuni, and Yersinia enterocolitica in Raw Milk*. 1987. **J. Food Prot.** **50**:51
- Moustafa, M. K., A. A-H. Ahmed, and E. H. Marth. *Occurrence of Yersinia enterocolitica in Raw and Pasteurized Milk*. 1983. **J. Food Prot.** **46**:276-278.
- National Mastitis Council. Web Site. www.nmconline.org. Accessed Dec. 30, 2006.
- New York State Dept. of Agric. and Markets. New York codes, rules, and regulations. pdf. Accessed Dec. 16, 2006.
- Northeast Dairy Foods Research Center. *Somatic Cell Count, Mastitis, Dairy Product Quality, and Cheese Yield*. 1991. From the Northeast Dairy Foods Research Center Newsletter “Dairy Center News”, Vol. 3, No. 4, July 1991. Obtained from the National Mastitis Council Web Site, www.nmconline.org. Accessed Dec. 30, 2006.
- Osterholm, M. T., K. L. Macdonald, K. E. White, J. G. Wells, J. S. Spika, M. E. Potter, J. C. Forfang, R. M. Sorenson, P. T. Milloy, and P. A. Blake. *An Outbreak of a Newly Recognized Chronic Diarrhea Syndrome Associated with Raw Milk Consumption*. 1986. **JAMA.** **256**:484-490.
- Padhye, N. V., and M. P. Doyle. *Rapid Procedure for Determining Enterohemorrhagic Escherichia coli O157:H7 in Food*. 1991. **Appl. Environ. Microbiol.** **57**:2693-2698.
- Peterson, M. C. *Campylobacter jejuni Enteritis Associated with Consumption of Raw Milk*. 2003. **J. Environ. Health.** **65**:20-21.
- Prentice, G. A. *Listeria monocytogenes*. In: *Monograph on The Significance of Pathogenic Microorganisms in Raw Milk*. 1994. **Int. Dairy Fed.**, Brussels, Belgium. pp.101-115.
- Pruitt, K. *Lactoperoxidase*, in: *Advanced Dairy Chemistry*, Vol. 1: Proteins. 2003, 3rd Ed. P. F. Fox and P. L. H. McSweeney, eds. Kluwer Academic/Plenum Publishers, NY. pp. 449-466.
- Public Health Agency of Canada (PHAC). *Escherichia coli O157:H7 Outbreak Associated with the Ingestion of Unpasteurized Goat's Milk in British Columbia, 2001*. 2002. Canada Communicable Disease Report. <http://www.phac-aspc.gc.ca/publicat/ccdr-rmtc/02vol28/dr2801eb.html>. Accessed 12/13/05.
- Rae, M. and M. G. Fleming. *Escherichia coli (ETEC)*. In: *Monograph on The Significance of Pathogenic Microorganisms in Raw Milk*. 1994. **Int. Dairy Fed.**, Brussels, Belgium. pp. 91-100.

- Rohrbach, B. W., F. A. Draughon, P. M. Davidson, and S. P. Oliver. *Prevalence of Listeria monocytogenes, Campylobacter jejuni, Yersinia enterocolitica, and Salmonella in Bulk Tank Milk: Risk Factors and Risk of Human Exposure*. 1992. **J. Food Prot.** **55**:93-97.
- Ryan, C. A., M. K. Nichels, N. T. Hargrett-Bean, M. E. Potter, T. Endo, L. Mayer, C. W. Langkop, C. Gibson, R. C. McDonald, R. T. Kenney, N. D. Puhr, P. J. McDonnell, R. J. Martin, M. L. Cohen, and P. A. Blake. *Massive Outbreak of Antimicrobial-Resistant Salmonellosis Traced to Pasteurized Milk*. 1987. **JAMA**. **258**:3269-3274.
- Schiemann, D. A. *Association of Yersinia enterocolitica with the Manufacture of Cheese and Occurrence in Pasteurized Milk*. 1978. **Appl. Environ. Microbiol.** **36**:274-277.
- Shin, J., K. Yamauchi, S. Teraguchi, H. Hayasawa, M. Tomita, Y. Otsuka, and S. Yamazaki. *Antibacterial Activity of Bovine Lactoferrin and Its Peptides Against Enterohaemorrhagic Escherichia coli O157:H7*. 1998. **Lett. Appl. Microbiol.** **26**:417-411.
- Sinha, R. N. *Mycobacterium tuberculosis*. In: *Monograph on The Significance of Pathogenic Microorganisms in Raw Milk*. 1994a. **Int. Dairy Fed.**, Brussels, Belgium. pp.116-140.
- Sinha, R. N. *Mycobacterium bovis*. In: *Monograph on The Significance of Pathogenic Microorganisms in Raw Milk*. Int. 1994b. **Dairy Fed.**, Brussels, Belgium. pp.141-166.
- Slade, P. J., D. L. Collins-Thompson, and F. Fletcher. *Incidence of Listeria Species in Ontario Raw Milk*. 1988. **Can. Inst. Food Sci. Technol. J.** **21**:425-429.
- Steele, M. L., W. B. McNab, C. Poppe, and M. W. Griffiths. *Survey on Ontario Bulk Tank Raw Milk for Food-borne Pathogens*. 1997. **J. Food Prot.** **60**:1341-1346.
- Tacket, C. O., J. P. Narain, R. Sattin, J. P. Lofgren, C. Konigsberg, Jr., R. C. Rendtorff, A. Rausa, B. R. Davis, M. L. Cohen. *A Multistate Outbreak of Infections Caused by Yersinia enterocolitica Transmitted by Pasteurized Milk*. 1984. **JAMA**. **251**:483-486.
- Tomita, M., H. Wakabayashi, K. Yamauchi, S. Teraguchi, and H. Hayasawa. *Bovine Lactoferrin and Lactoferricin Derived from Milk: Production and Applications*. 2002. **Biochem. Cell Biol.** **80**:109-112.
- U.S. Dept. of Health and Human Services, Public Health Service and Food and Drug Admin. Grade "A" Pasteurized Milk Ordinance. 2017 Revision.
- Van Kessel, J. S., J. S. Karns, L. Gorski, B. J. McCluskey, and M. L. Perdue. *Prevalence of Salmonellae, Listeria monocytogenes, and Fecal Coliforms in Bulk Tank Milk on US Dairies*. 2004. **J. Dairy Sci.** **87**:2822-2830.
- Vlaemynck, G. *Salmonella*. In: *Monograph on The Significance of Pathogenic Microorganisms in Raw Milk*. 1994. **Int. Dairy Fed.**, Brussels, Belgium. pp. 78-90.
- Walstra, P., T. J. Geurts, A. Noomen, A. Jellema, and M. A. J. S. van Boekel. *Dairy Technology, Principles of Milk Properties and Processes*. 1999. Marcel Dekker, Inc., NY.
- Wehr, H. M., and J. H. Frank, eds. *Standard Methods for the Examination of Dairy Products*. 2004, 17th Ed. Amer. Public Health Assoc., Washington, DC.

4

Pengolahan Susu

Bab Pengolahan Susu berisi informasi umum tentang pengoperasian yang penting dalam pemrosesan susu. Diskusi singkat tentang penanganan susu dari peternakan ke pabrik pengolahan disajikan sebagai pengantar untuk bagian ini. Topik yang dibahas adalah:

- Perlakuan Panas dan Pasteurisasi
- Produksi Susu Cair
- Produksi Yogurt
- Produksi Keju
- Produksi Es Krim
- Standar Identitas Produk Susu

Dari Pertanian ke Pabrik Pengolahan

Untuk memberikan produk yang paling aman dan berkualitas tinggi kepada konsumen, Peraturan Susu Pasteurisasi (PMO, 2005) memberikan pedoman standar. PMO adalah dokumen dari Departemen Kesehatan dan Layanan Kemanusiaan dan Kesehatan Masyarakat Amerika Serikat, dan Badan Pengawas Obat dan Makanan yang mendefinisikan praktik yang berkaitan dengan kedai susu dan desain pabrik pengolahan, praktik pemerahan susu, penanganan susu, sanitasi, dan standar untuk pasteurisasi. dari produk susu Grade A. Setiap negara bagian mengatur industri susu mereka sendiri, tetapi pedoman negara bagian biasanya memenuhi atau melampaui yang ditetapkan oleh PMO. Susu yang dikirim antar negara bagian harus mengikuti peraturan PMO.

Susu diperoleh dari sapi (atau kambing, domba, atau kerbau) dengan kondisi sanitasi dan didinginkan hingga 45 ° F (7 ° C) dalam waktu 2 jam setelah pemerahan. Susu diambil oleh pawang yang mengambil sampel dan kemudian memompa susu dari tangki curah peternakan ke dalam truk susu. Seorang pawang dapat mengambil susu dari lebih dari satu peternakan, sehingga muatan truk dapat berisi susu dari beberapa peternakan saat dikirim ke pabrik pengolahan. Sebelum susu dapat diturunkan di pabrik pengolahan, setiap muatan diuji residu antibiotiknya. Jika susu tidak menunjukkan bukti adanya antibiotik, maka susu tersebut akan

dipompa ke dalam tangki penampungan tanaman untuk diproses lebih lanjut. Jika susu tidak lolos uji antibiotik, seluruh muatan truk susu dibuang dan sampel peternakan diuji untuk menemukan sumber residu antibiotik. Tindakan regulasi diambil terhadap peternakan dengan uji antibiotik positif. Tes antibiotik positif jarang terjadi, dan terhitung kurang dari 1% dari muatan tangki susu yang dikirim ke pabrik pengolahan.

Susu di pabrik disimpan pada suhu kurang dari 45 °F (7 °C) dan biasanya diproses dalam waktu 24 jam, tetapi dapat disimpan hingga 72 jam (3 hari) sebelum diproses. Waktu penahanan yang lebih lama memungkinkan pertumbuhan organisme pembusuk yang tumbuh pada suhu lemari es, yang disebut psikrotrof.

Hampir semua susu di Amerika Serikat dipasteurisasi, dengan pengecualian beberapa susu mentah produksi keju dan beberapa negara bagian yang mengizinkan penjualan susu mentah. Kondisi perlakuan panas yang digunakan untuk pasteurisasi bergantung pada produk akhir - suhu yang lebih rendah digunakan untuk produk yang didinginkan dan perlakuan panas yang lebih tinggi digunakan untuk produk yang disimpan pada suhu kamar. Komposisi banyak produk susu ditentukan oleh undang-undang, yang disebut Standar Identitas, dalam Kode Peraturan Federal Amerika Serikat (2006).

Perakuan Panas dan Pasteurisasi

Halaman ini menjelaskan Tujuan Kondisi Pasteurisasi dan Pasteurisasi yang digunakan dalam pengolahan susu. Sejarah Pasteurisasi memberikan latar belakang tentang penerapan dan manfaat pasteurisasi serta alasan kondisi yang digunakan.

Tujuan Pasteurisasi

1. Meningkatkan keamanan susu bagi konsumen dengan cara memusnahkan mikroorganisme penyebab (patogen) yang mungkin ada dalam susu.
2. Meningkatkan kualitas produk susu dengan cara menghancurkan mikroorganisme pembusuk dan enzim yang berkontribusi terhadap penurunan kualitas dan umur simpan susu.

Kondisi Pasteurisasi

Persyaratan pasteurisasi minimum untuk produk susu ditunjukkan pada Tabel 1 di bawah ini, dan didasarkan pada peraturan yang diuraikan dalam Peraturan Susu Pasteurisasi Grade A (PMO). Kondisi ini ditetapkan sebagai kondisi pemrosesan minimum yang diperlukan untuk membunuh *Coxiella burnetii*, organisme penyebab demam Q pada manusia, yang merupakan patogen paling tahan panas yang saat ini dikenali dalam susu. Susu dapat dipasteurisasi menggunakan waktu pemrosesan dan suhu yang lebih besar dari batas minimum yang disyaratkan.

Pasteurisasi dapat dilakukan secara batch atau proses berkelanjutan. Sebuah pasteurizer tong terdiri dari tong tertutup yang dikontrol suhu. Susu dipompa ke dalam tong, susu dipanaskan sampai suhu yang sesuai dan ditahan pada suhu tersebut untuk waktu yang sesuai dan kemudian didinginkan. Susu yang didinginkan kemudian dipompa keluar dari tong

ke sisa jalur pemrosesan, misalnya ke stasiun pembotolan atau tong keju. Pasteurisasi batch masih digunakan di beberapa pabrik pengolahan yang lebih kecil. Proses yang paling umum digunakan untuk cairan susu adalah proses kontinyu. Susu dipompa dari silo susu mentah ke tangki penampung yang dimasukkan ke dalam sistem pasteurisasi berkelanjutan. Susu terus mengalir dari tangki melalui serangkaian piring tipis yang memanaskan susu ke suhu yang sesuai. Sistem aliran susu diatur untuk memastikan bahwa susu tetap pada suhu pasteurisasi untuk waktu yang tepat sebelum mengalir melalui area pendingin pasteurizer. Susu yang didinginkan kemudian mengalir ke seluruh jalur pemrosesan, misalnya ke stasiun pembotolan. Ada beberapa opsi untuk suhu dan waktu yang tersedia untuk pemrosesan terus menerus susu cair berpendingin. Meskipun kondisi pemrosesan ditentukan untuk suhu di atas 200 ° F, kondisi tersebut jarang digunakan karena dapat memberikan rasa masak yang tidak diinginkan pada susu.

Tabel 1. Kondisi pasteurisasi yang digunakan untuk produk susu.

Jenis Pasterurisasi	Produk khas	Penyimpanan khas	Suhu	Penahanan waktu
Batch, vat	Susu	Didinginkan	145°F (62,8°C)	30 menit
	Produk kental, atau produk dengan lebih dari 10% lemak atau pemanis tambahan	Didinginkan	150°F (65,6°C)	
	Telur nog, campuran makanan penutup beku		155°F (68,3°C)	
Berkelanjutan, waktu singkat suhu tinggi (HTST)	Susu	Didinginkan	161°F (71,7°C)	15 detik
	Produk kental, atau produk dengan lebih dari 10% lemak atau pemanis tambahan		166°F (74,4°C)	15 detik
	Telur nog, campuran makanan penutup beku		175°F (79,4°C)	25 detik
			180°F (82,2°C)	15 detik
Terus menerus, waktu panas lebih tinggi lebih singkat (HHST)	Susu	Didinginkan	191°F (88,3°C)	1 detik
			194°F (90°C)	0,5 detik
			201°F (93,8°C)	0,1 detik
			204°F (96,2°C)	0,05 detik
			212°F (100°C)	0,01 detik
Berkelanjutan, Ultrapasteurisasi	Susu dan krim	Penyimpanan tambahan yang didinginkan	280°F (137,8°C)	2 detik
Aseptik, suhu sangat tinggi (UHT)	Susu	Suhu kamar	275-302°F (135-150°C)	4-15 detik
Sterilisasi	Produk dikalengkan	Suhu kamar	240°F (115,6°C)	20 menit

Sejarah Pasteurisasi

Proses pemanasan atau perebusan susu untuk manfaat kesehatan telah dikenal sejak awal tahun 1800-an dan digunakan untuk mengurangi penyakit yang ditularkan melalui susu dan kematian pada bayi di akhir tahun 1800-an. Ketika masyarakat melakukan industri sekitar pergantian abad ke-20, peningkatan produksi dan distribusi susu menyebabkan wabah penyakit bawaan susu. Penyakit yang ditularkan melalui susu selama itu adalah demam tifoid, demam berdarah, sakit tenggorokan septik, difteri, dan penyakit diare. Penyakit-penyakit ini secara virtual dapat dihilangkan dengan penerapan komersial pasteurisasi, dikombinasikan dengan praktik manajemen yang lebih baik di peternakan sapi perah. Pada tahun 1938, produk susu adalah sumber dari 25% dari semua penyakit yang ditularkan melalui makanan dan air yang dilacak ke sumbernya, tetapi sekarang jumlahnya kurang dari 1% dari semua penyakit yang ditularkan melalui makanan dan air.

Pasteurisasi adalah proses memanaskan cairan hingga di bawah titik didih untuk menghancurkan mikroorganisme. Ini dikembangkan oleh Louis Pasteur pada tahun 1864 untuk meningkatkan kualitas anggur. Pasteurisasi susu komersial dimulai pada akhir 1800-an di Eropa dan pada awal 1900-an di Amerika Serikat. Pasteurisasi menjadi wajib untuk semua susu yang dijual di dalam kota Chicago pada tahun 1908, dan pada tahun 1947 Michigan menjadi negara bagian pertama yang mewajibkan semua susu yang dijual di negara bagian tersebut dipasteurisasi. Pada tahun 1924, Layanan Kesehatan Masyarakat A.S. mengembangkan Peraturan Susu Standar untuk membantu negara bagian dengan program pasteurisasi sukarela. Peraturan Susu Pasteurisasi Grade A (PMO), seperti yang sekarang disebut, dikelola oleh Departemen Kesehatan dan Layanan Kemanusiaan dan Kesehatan Masyarakat AS, dan Administrasi Makanan dan Obat-obatan dan mendefinisikan praktik-praktik yang berkaitan dengan kedai susu dan desain pabrik pengolahan, pemerah susu, praktik, penanganan susu, sanitasi, dan standar untuk pasteurisasi produk susu Grade A. Masing-masing negara bagian masih mengatur pengolahan susu di negaranya sendiri tetapi produk susu harus memenuhi peraturan yang tercantum dalam PMO untuk produk yang akan masuk perdagangan antarnegara.

Kondisi pasteurisasi awal, yang dikenal sebagai pasteurisasi kilat, adalah memanaskan susu hingga 68,3 hingga 81 °C (155 hingga 178 °F) untuk sesaat diikuti dengan pendinginan. Kondisi pasteurisasi disesuaikan menjadi 143 °F (61,7 °C) selama 30 menit atau 160 °F (71,1 °C) selama 15 detik untuk menonaktifkan *Mycobacterium bovis*, organisme yang bertanggung jawab untuk tuberkulosis. Namun, pada tahun 1957 kondisi ini terbukti tidak memadai untuk inaktivasi *Coxiella burnetii* yang menyebabkan demam Q pada manusia (Enright et al., 1957). Kondisi pasteurisasi baru 145 °F (62,8 °C) selama 30 menit untuk proses batch, atau 161 °F (71,7 °C) selama 15 detik untuk proses berkelanjutan, diadopsi untuk menonaktifkan *Coxiella burnetii*, dan kondisi ini adalah masih digunakan sampai sekarang.

Produksi Susu Cair

Halaman ini menjelaskan operasi individu yang digunakan dalam memproduksi minuman susu. Topik yang dibahas adalah Definisi Susu Cairan legal, Standardisasi,

Pasteurisasi, Homogenisasi, Fortifikasi Vitamin, dan Minuman Susu Khusus seperti pengurangan laktosa dan diperkaya protein.

Definisi Susu Cair

Susu cair adalah istilah industri untuk susu yang diproses untuk penggunaan minuman.

Susu, seperti yang didefinisikan oleh U.S. Code of Federal Regulations (CFR), 21 CFR 131.110, adalah: "sekresi laktal, praktis bebas dari kolostrum, diperoleh dari pemerahan total satu atau lebih sapi sehat. Susu yang dalam bentuk kemasan akhir untuk penggunaan minuman harus telah dipasteurisasi atau ultrapasteurisasi, dan harus mengandung tidak kurang dari 8,25% padatan dan tidak kurang dari 3,25% lemak susu. Susu dapat disesuaikan dengan memisahkan sebagian lemak susu darinya, atau dengan menambahkan krim ke dalamnya, susu murni kering, susu skim, atau susu kering tanpa lemak. Susu mungkin dihomogenisasi. " Susu padat adalah komponen non-air dari susu - protein, laktosa, dan mineral. Terkadang kombinasi protein, laktosa dan mineral disebut padatan bukan kandungan lemak, dan bila dimasukkan lemak disebut kandungan padatan total.

Meskipun CFR menyatakan bahwa susu diperoleh dari sapi, produksi susu dari hewan perah lainnya di A.S. (kambing, domba, dan kerbau) juga tercakup dalam Grade A Pasteurized Milk Ordinance (PMO).

Standarisasi

Kandungan lemak susu bervariasi menurut spesies (sapi, domba, kambing, kerbau), jenis hewan, pakan, tahap laktasi, dan faktor lainnya. Untuk menyediakan produk yang konsisten kepada konsumen, kebanyakan susu di AS distandarisasi.

Untuk mencapai standarisasi, susu diproses melalui pemisah sentrifugal untuk membuat porsi skim dan porsi krim pada susu. Pemisahan menghasilkan porsi skim yang kurang dari 0,01% lemak dan porsi krim yang biasanya 40% lemak, meskipun kandungan lemak yang diinginkan dari porsi krim dapat dikontrol dengan mengubah pengaturan pada separator. Porsi krim kemudian ditambahkan kembali ke porsi skim untuk menghasilkan kandungan lemak yang diinginkan untuk produk tersebut. Produk yang umum adalah susu murni (3,25% lemak), susu 2% dan 1% lemak, dan susu skim (<0,1% lemak).

Pasteurisasi

Mayoritas cairan susu A.S. dipasteurisasi menggunakan proses kontinu waktu singkat bersuhu tinggi (HTST) minimal 161 °F (71,6 °C) selama 15 detik. Kondisi tersebut memberikan rasa susu segar yang memenuhi persyaratan keamanan konsumen. Proses panas yang lebih tinggi, seperti ultrapasteurisasi atau pemrosesan aseptik, digunakan untuk memperpanjang umur simpan produk yang diinginkan atau memungkinkan untuk disimpan pada suhu kamar, masing-masing, tetapi dapat memberikan rasa yang dimasak pada susu.

Homogenisasi

Lemak dalam susu disekresikan oleh sapi dalam bentuk gumpalan dengan ukuran yang tidak seragam, berkisar antara 0,20 hingga 2,0 μm . Ukuran gumpalan yang tidak seragam menyebabkannya mengapung, atau menjadi krim, ke atas wadah. Susu yang tidak dihomogenisasi terkadang disebut sebagai susu "creamline". Susu pasteurisasi tidak perlu dihomogenisasi. Namun, susu yang dihomogenisasi harus dipasteurisasi untuk menonaktifkan enzim asli yang merusak lemak (lipase) dan menyebabkan ketengikan, yang menyebabkan rasa tidak enak dan umur simpan susu berkurang.

Tujuan dari homogenisasi adalah untuk mengurangi ukuran gumpalan lemak susu menjadi kurang dari 1,0 μm yang memungkinkan mereka untuk tetap terdistribusi secara merata dalam susu. Homogenisasi adalah proses bertekanan tinggi yang memaksa susu dengan kecepatan tinggi melalui lubang kecil untuk memecah butiran. Hasil homogenisasi adalah terciptanya lebih banyak gumpalan lemak dengan ukuran lebih kecil. Gumpalan lemak susu asli ditutupi oleh membran protein yang menstabilkan fase lemak dalam fase air (air) susu. Meskipun membran gumpalan lemak susu terganggu selama proses homogenisasi, membran ini secara spontan bermigrasi kembali ke gumpalan lemak setelah homogenisasi. Gumpalan baru yang dibuat selama homogenisasi secara spontan dilapisi oleh protein dalam fase skim dari gumpalan lemak susu asli.

Fortifikasi Vitamin

Susu cair sering difortifikasi dengan vitamin A dan vitamin D. Label kemasan harus menyatakan kapan susu difortifikasi.

Susu murni dianggap sebagai sumber vitamin A. Vitamin A adalah vitamin larut lemak yang ditemukan dalam fase lemak susu. Kandungan vitamin A yang terjadi secara alami pada 2%, 1% dan susu skim lebih sedikit dibandingkan pada susu murni karena kadar lemak yang lebih rendah. Kekhawatiran nutrisi tentang konsumsi susu rendah lemak di akhir 1970-an menyebabkan diperlukannya fortifikasi vitamin A dalam susu rendah lemak. Untuk mencapai kesetaraan nutrisi dari susu murni, susu rendah lemak harus diperkaya dengan 300 IU vitamin A per porsi 8 oz. FDA mendorong fortifikasi ke tingkat 500 IU vitamin A per porsi 8 oz, yang merupakan 10% dari tunjangan harian yang direkomendasikan (RDA).

Vitamin D adalah vitamin yang larut dalam lemak yang terjadi secara alami dalam susu tetapi pada tingkat yang rendah. Karena susu tidak dianggap sebagai sumber vitamin D alami yang penting dalam makanan, fortifikasi vitamin D bersifat sukarela. Fortifikasi susu dengan vitamin D dimulai di AS pada tahun 1930-an untuk mengurangi kejadian rakhitis pada anak-anak. Meskipun rakhitis saat ini tidak menjadi perhatian utama di AS, vitamin D yang cukup diperlukan untuk kesehatan manusia. Vitamin D membantu penyerapan kalsium, memiliki peran penting dalam kesehatan tulang, dan memiliki efek perlindungan pada kanker. Susu dapat diperkaya dengan vitamin D hingga tingkat 100 IU per porsi 8 oz, yang merupakan 25% dari RDA.

Minuman Susu Spesial

Industri susu telah mengembangkan minuman susu cair khusus untuk memenuhi kebutuhan nutrisi konsumen yang beragam. Susu yang mengurangi laktosa dan bebas laktosa, dan susu acidophilus dikembangkan untuk orang dengan intoleransi laktosa (maldigestion). Susu bebas laktosa dan bebas laktosa diproses, sebelum dikemas, dengan enzim laktase untuk memisahkan laktosa menjadi komponen gula, glukosa dan galaktosa. Susu acidophilus mengandung *Lactobacillus acidophilus*, bakteri asam laktat probiotik yang bermanfaat bagi kesehatan manusia. Bakteri *Lactobacillus acidophilus* menggunakan laktosa sebagai sumber energi dan mengurangi jumlah laktosa yang ada dalam susu. Mereka juga membuat enzim laktase yang membantu manusia dengan pencernaan laktosa di usus kecil.

Minuman susu khusus tersedia yang disesuaikan dengan segmen populasi tertentu. Ada minuman susu dengan tambahan sterol yang bertujuan membantu meningkatkan kadar kolesterol dan minuman lain yang diperkaya dengan protein dan kalsium yang dirancang untuk orang dewasa. Ada minuman susu yang diperkecil karbohidrat dan diperkaya vitamin untuk orang-orang yang menjaga berat badan. Minuman susu yang ditargetkan untuk atlet remaja diperkuat dengan protein dan pengurang lemak. Minuman susu yang dirancang untuk anak-anak diperkuat dengan kalsium, pengurang lemak, dan perasa. Susu beraroma bersaing dengan minuman ringan untuk menarik perhatian anak-anak dan hadir dalam berbagai rasa mulai dari cokelat dan stroberi tradisional hingga susu dengan rasa seperti batang permen atau es krim favorit mereka.

Produksi Es Krim

Halaman ini menjelaskan produksi es krim dan mencakup Definisi, Bahan, dan Prosedur Pembuatan Umum Es Krim yang sah.

Untuk informasi tentang Keamanan Pangan yang berkaitan dengan pemrosesan es krim, kunjungi safeicecream.org.

Definisi Es Krim

Es krim adalah campuran beku dari campuran krim manis dan udara, dengan tambahan perasa. Berbagai macam bahan diperbolehkan dalam es krim, tetapi jumlah minimum lemak susu, padatan susu (protein + laktosa + mineral), dan udara ditentukan oleh Standar Identitas dalam Kode Peraturan Federal AS (CFR), bagian 21 CFR 135.110 untuk es krim, 21 CFR 135.115 untuk es krim susu kambing, dan 21 CFR 135.140 untuk serbat.

Es krim harus mengandung setidaknya 10% lemak susu, dan setidaknya 20% total padatan susu, dan mungkin mengandung pemanis, pengemulsi dan penstabil, serta bahan penyedap yang aman dan sesuai. Es krim yang sudah jadi harus memiliki berat setidaknya 4,5 pon per galon dan harus ada setidaknya 1,6 pon total padatan (lemak + protein + laktosa + mineral + gula tambahan) per galon, sehingga membatasi jumlah maksimum udara (disebut overrun) yang bisa dimasukkan ke dalam es krim. Ada persyaratan pelabelan yang ditentukan dengan baik untuk jenis rasa yang digunakan (alami dan / atau buatan) dan untuk keberadaan

kuning telur dalam produk jadi (es krim dapat disebut custard atau "Prancis" jika kandungan kuning telur sama minimal 1,4%). Es krim juga dapat diberi label sebagai lemak rendah (25% lebih sedikit lemak dari es krim referensi), ringan (50% lebih sedikit lemak dari referensi), rendah lemak (kurang dari 3 gr lemak/porsi), atau tanpa lemak (kurang dari 0,5 gr lemak/porsi).

Es krim dijual sebagai es krim keras atau sajian lembut. Setelah proses pembekuan hanya sebagian air yang benar-benar dalam keadaan beku. Es krim lembut disajikan langsung dari freezer di mana hanya sedikit air yang dibekukan. Es krim keras dikemas dari freezer dan kemudian melalui proses pengerasan yang membekukan lebih banyak air dalam campuran.

Bahan

Ada berbagai macam bahan dan formulasi (resep) yang bisa digunakan dalam es krim. Jenis bahan dasar dan fungsinya dijelaskan secara singkat di bawah ini. Untuk penjelasan yang lebih rinci tentang fungsi bahan, lihat referensi literatur oleh Marshall et al. (2003) dan situs web oleh Goff, www.foodsci.uoguelph.ca/dairyedu/icecream.html.

Lemak susu memberikan tekstur yang lembut dan kaya pada es krim dan berkontribusi pada karakteristik lelehnya. Kandungan lemak minimum adalah 10% dan es krim premium dapat mengandung lemak susu sebanyak 16%. Sumber lemak susu antara lain susu, krim, dan mentega.

Komponen padatan susu total dari es krim termasuk lemak dan padatan lainnya. Padatan susu lainnya terdiri dari protein dan laktosa dalam susu dan berkisar antara 9 hingga 12% dalam es krim. Padatan tanpa lemak memainkan peran penting dalam tubuh dan tekstur es krim dengan menstabilkan udara yang dimasukkan selama proses pembekuan. Sumber padatan tanpa lemak antara lain susu, krim, susu kental manis, susu evaporasi, susu kering, dan *whey*.

Pemanis digunakan untuk memberikan ciri rasa manis pada es krim. Pemanis juga menurunkan titik beku campuran untuk memungkinkan air mencair kembali pada suhu penyajian. Titik beku yang lebih rendah membuat es krim lebih mudah disendok dan dimakan, meskipun penambahan terlalu banyak gula dapat membuat produk menjadi terlalu lunak. Pemanis yang digunakan antara lain gula (sukrosa) dan sirup jagung.

Stabilisator adalah protein atau karbohidrat yang digunakan dalam es krim untuk menambah viskositas dan mengontrol kristalisasi es. Seiring waktu selama penyimpanan beku, kristal es kecil secara alami bermigrasi bersama dan membentuk kristal es yang lebih besar. Stabilisator membantu menjaga kristal kecil tetap terisolasi dan mencegah pertumbuhan kristal besar, yang menyebabkan es krim menjadi kasar, sedingin es, dan tidak enak dimakan. Stabilisator yang digunakan antara lain alginat (karagenan), getah (kacang belalang, guar), dan gelatin.

Pengemulsi digunakan untuk membantu menjaga lemak susu tersebar merata di es krim selama pembekuan dan penyimpanan. Distribusi lemak yang baik membantu menstabilkan

udara yang dimasukkan ke dalam es krim dan menghasilkan produk yang halus. Pengemulsi yang digunakan dalam es krim termasuk kuning telur dan mono- dan digliserida.

Berbagai macam perasa digunakan dalam es krim. Perasa termasuk perasa alami dan buatan, buah, kacang-kacangan, dan inklusi besar seperti potongan coklat dan permen.



Gambar-4.1. Alat pembuat es krim (a) putar manual; (b) pembuat es krim modern.



Gambar-4.2. Mesin pembuat es krim modern (Hard Ice Cream Machine WIR-128Y).

Prosedur Manufaktur Umum

Pembahasan berikut memberikan gambaran umum tentang langkah-langkah yang diperlukan untuk membuat es krim. Untuk penjelasan lebih rinci lihat referensi literatur Marshall et al. (2003), Walstra et al. (1999), dan situs web oleh Goff, www.foodsci.uoguelph.ca/dairyedu/icecream.html.

Langkah-langkah Umum Pengolahan Es Krim

- Bahan Campuran
- Pasteurisasi Campuran
- Homogenisasi
- Campuran Usia
- Tambahkan Rasa dan Warna Cair
- Membekukan
- Tambahkan buah-buahan, kacang-kacangan, dan bumbu curah
- Paket
- Pengeras

Haluskan Campuran Es Krim. Sumber lemak susu, padatan tanpa lemak, stabilisator, dan pengemulsi dicampur untuk memastikan pencampuran sempurna bahan cair dan kering.

Pasteurisasi Campuran. Campuran es krim dipasteurisasi pada suhu 155 °F (68,3 °C) selama 30 menit atau 175 °F (79,4 °C) selama 25 detik. Kondisi yang digunakan untuk pasteurisasi campuran es krim lebih besar daripada yang digunakan untuk susu cair karena peningkatan viskositas dari kandungan lemak, padatan, dan pemanis yang lebih tinggi, serta penambahan kuning telur pada produk *custard*.

Homogenisasi. Campuran es krim dihomogenisasi (2500 hingga 3000 psi) untuk mengurangi ukuran gumpalan lemak susu untuk membentuk emulsi yang lebih baik dan berkontribusi pada es krim yang lebih lembut dan lebih lembut. Homogenisasi juga memastikan bahwa pengemulsi dan penstabil tercampur dengan baik dan didistribusikan secara merata dalam campuran es krim sebelum dibekukan.

Umur Campuran. Campuran es krim berumur pada 40 °F (5 °C) setidaknya selama 4 jam atau semalam. Penuaan campuran mendinginkannya sebelum dibekukan, memungkinkan lemak susu untuk sebagian mengkristal dan memberikan waktu penstabil protein untuk terhidrasi. Ini meningkatkan sifat mencambuk campuran.

Tambahkan Cairan Perasa dan Warna. Rasa dan warna cair dapat ditambahkan ke dalam campuran sebelum dibekukan. Hanya bahan yang berbentuk cair yang dapat ditambahkan sebelum pembekuan, untuk memastikan campuran mengalir dengan baik melalui peralatan pembekuan.

Bekukan. Prosesnya melibatkan pembekuan campuran dan memasukkan udara. Campuran es krim dapat dibekukan dalam batch atau freezer berkelanjutan dan kondisi yang digunakan akan bergantung pada jenis *freezer*. *Batch freezer* terdiri dari tong berputar yang biasanya diisi sepertiga hingga setengah penuh dengan campuran es krim. Saat laras berputar, udara di dalam tong dimasukkan ke dalam campuran es krim. Freezer es krim yang dirancang untuk digunakan di rumah adalah *freezer batch*. *Continuous freezer* terdiri dari laras tetap yang memiliki bilah di dalamnya yang secara konstan mengikis permukaan laras yang membeku. Campuran es krim dipompa dari tangki curah ke barel pembekuan dan udara

digabungkan dengan pompa lain tepat sebelum memasuki barel pembekuan. Proses pembekuan terus menerus jauh lebih cepat daripada proses pembekuan *batch*.

Penambahan udara disebut overrun dan berkontribusi pada ringan atau padatnya es krim. Hingga 50% dari volume es krim yang sudah jadi (100% dibanjiri) dapat berupa udara yang dimasukkan selama pembekuan. Tingkat overrun dapat diatur sesuai keinginan untuk menyesuaikan kepadatan produk jadi. Es krim premium memiliki lebih sedikit kelebihan (sekitar 80%) dan lebih padat daripada es krim biasa.

Pada titik pembuangan dari *freezer* (suhu gambar), hanya sekitar 50% air dalam es krim yang dibekukan. Es krim sajian lembut dihasilkan pada saat ini dalam proses pembekuan.

Tambahkan Buah-buahan, Kacang-kacangan dan Penyedap Curah (*candy pieces*, dll.). Buah-buahan, pusran, dan semua jenis perasa besar (kacang-kacangan, permen, dll.) Ditambahkan pada tahap ini. Bahan-bahan ini tidak dapat ditambahkan sebelum pembekuan atau akan mengganggu kelancaran aliran campuran melalui freezer. Es krim pada saat ini lembut dan mudah untuk dicampur dalam perasa yang besar sehingga tersebar merata di seluruh es krim. Mencampurkan perasa besar setelah dibekukan juga mencegah kerusakan pada potongan dan memungkinkannya tetap utuh atau dalam potongan besar.

Kemasan. Sesuai keinginan, tergantung produk.

Pengeras. Es krim didinginkan secepat mungkin hingga suhu penahanan kurang dari -13 °F (-25 °C). Suhu dan waktu pendinginan akan tergantung pada jenis freezer penyimpanan. Pendinginan cepat akan mempercepat pembekuan air dan membuat kristal es kecil. Penyimpanan pada -13 °F (-25 °C) akan membantu menstabilkan kristal es dan menjaga kualitas produk. Pada suhu ini masih ada sebagian kecil air yang berbentuk cair. Jika semua air yang ada di dalam es krim dibekukan, es krim itu akan sekeras es batu.

Produksi Yogurt

Halaman ini menjelaskan produksi yogurt dan termasuk Definisi Yogurt legal, Bahan, Kultur Bakteri, dan Prosedur Pembuatan Umum.

Definisi Yogurt

Yogurt merupakan produk susu fermentasi yang mengandung kultur bakteri khas *Lactobacillus bulgaricus* dan *Streptococcus thermophilus*. Semua yogurt harus mengandung setidaknya 8,25% padatan bukan lemak. Yoghurt full fat harus mengandung lemak susu tidak kurang dari 3,25%, yogurt rendah lemak tidak lebih dari 2% lemak susu, dan yogurt tanpa lemak kurang dari 0,5% susu. Definisi hukum lengkap untuk yogurt, yogurt rendah lemak, dan yogurt tanpa lemak ditentukan dalam Standar Identitas yang tercantum dalam Kode Federal Peraturan AS (CFR), masing-masing di bagian 21 CFR 131.200, 21 CFR 131.203, dan 21 CFR 131.206.

Dua jenis yogurt yang biasa ditemukan di toko grosir adalah yogurt tipe set dan yogurt tipe swiss. Set type yogurt adalah ketika yogurt dikemas dengan buah di bagian bawah cangkir

dan yogurt di atasnya. Yoghurt gaya Swiss adalah saat buah dicampur ke dalam yogurt sebelum dikemas.

Bahan

Bahan utama dalam yogurt adalah susu. Jenis susu yang digunakan tergantung pada jenis yogurt - susu murni untuk yogurt full fat, susu rendah lemak untuk yogurt rendah lemak, dan susu skim untuk yogurt tanpa lemak. Bahan susu lainnya diperbolehkan dalam yogurt untuk mengatur komposisinya, seperti krim untuk mengatur kadar lemak, dan susu kering tanpa lemak untuk mengatur kadar padatan. Kandungan padatan yogurt sering kali disesuaikan di atas nilai minimum 8,25% untuk memberikan tubuh dan tekstur yang lebih baik pada yogurt yang sudah jadi. CFR berisi daftar bahan susu yang diizinkan untuk yogurt.

Stabilizer juga dapat digunakan dalam yogurt untuk memperbaiki tubuh dan tekstur dengan meningkatkan kekencangan, mencegah pemisahan whey (sineresis), dan membantu menjaga agar buah tercampur secara seragam dalam yogurt. Stabilizer yang digunakan dalam yogurt adalah alginat (karagenan), gelatin, gusi (kacang belalang, guar), pektin, dan pati.

Pemanis, perasa dan olahan buah digunakan dalam yogurt untuk memberikan variasi kepada konsumen. Daftar pemanis yang diizinkan untuk yogurt ditemukan di CFR.

Kultur Bakteri

Kultur (starter) utama dalam yogurt adalah *Lactobacillus bulgaricus* dan *Streptococcus thermophilus*. Fungsi kultur starter adalah memfermentasi laktosa (gula susu) untuk menghasilkan asam laktat. Peningkatan asam laktat menurunkan pH dan menyebabkan susu menggumpal, atau membentuk gel lunak yang merupakan ciri khas yogurt. Fermentasi laktosa juga menghasilkan senyawa perisa yang merupakan ciri khas yogurt. *Lactobacillus bulgaricus* dan *Streptococcus thermophilus* adalah satu-satunya 2 kultur yang diwajibkan oleh hukum (CFR) untuk hadir dalam yogurt.

Kultur bakteri lain, seperti *Lactobacillus acidophilus*, *Lactobacillus subsp. casei*, dan *Bifido-bakteria* dapat ditambahkan ke yogurt sebagai kultur probiotik. Kultur probiotik bermanfaat bagi kesehatan manusia dengan meningkatkan pencernaan laktosa, fungsi gastrointestinal, dan menstimulasi sistem kekebalan.

Prosedur Manufaktur Umum

Diagram alir dan pembahasan berikut memberikan gambaran umum tentang langkah-langkah yang diperlukan untuk membuat yogurt. Untuk penjelasan lebih rinci lihat referensi literatur oleh Staff (1998), Tamime dan Robinson (1999), Walstra et al. (1999) dan situs web oleh Goff, www.foodsci.uoguelph.ca/dairyedu/yogurt.html.

Langkah-langkah Pengolahan Yogurt Umum

- Sesuaikan Komposisi Susu & Bahan Campuran
- Pasteurisasi Susu
- Homogenisasi

- Susu Dingin
- Menyuntik dengan Kultur Pemula
- Memegang
- Pendinginan
- Tambahkan Rasa & Buah
- Kemasan

1. Sesuaikan Komposisi Susu & Bahan Campuran

Komposisi susu dapat disesuaikan untuk mencapai kandungan lemak dan padatan yang diinginkan. Seringkali susu kering ditambahkan untuk meningkatkan jumlah protein whey untuk memberikan tekstur yang diinginkan. Bahan seperti stabilisator ditambahkan saat ini.

2. Pasteurisasi Susu

Campuran susu dipasteurisasi pada 185 ° F (85 ° C) selama 30 menit atau pada 203 ° F (95 ° C) selama 10 menit. Perlakuan panas tinggi digunakan untuk mengubah sifat protein whey (serum). Hal ini memungkinkan protein membentuk gel yang lebih stabil, yang mencegah pemisahan air selama penyimpanan. Perlakuan panas tinggi juga lebih jauh mengurangi jumlah organisme pembusuk dalam susu untuk menyediakan lingkungan yang lebih baik bagi kultur starter untuk tumbuh. Yogurt dipasteurisasi sebelum kultur starter ditambahkan untuk memastikan bahwa kultur tetap aktif dalam yogurt setelah fermentasi untuk bertindak sebagai probiotik; jika yogurt dipasteurisasi setelah fermentasi, kultur akan dinonaktifkan.

3. Homogenisasi

Campuran dihomogenisasi (2000 hingga 2500 psi) untuk mencampur semua bahan secara menyeluruh dan meningkatkan konsistensi yogurt.

4. Susu Dingin

Susu didinginkan hingga 108 ° F (42 ° C) untuk membawa yogurt ke suhu pertumbuhan yang ideal untuk kultur starter.

5. Menyuntik dengan Kultur Pemula

Kultur starter dicampur ke dalam susu yang telah didinginkan.

6. Tahan

Susu disimpan pada 108 ° F (42 ° C) sampai pH 4,5 tercapai. Hal ini memungkinkan proses fermentasi untuk membentuk gel lembut dan rasa khas yogurt. Proses ini membutuhkan waktu beberapa jam.

7. Dinginkan

Yoghurt didinginkan hingga 7 ° C untuk menghentikan proses fermentasi.

8. Tambahkan Buah & Rasa

Buah dan rasa ditambahkan pada langkah yang berbeda tergantung pada jenis yogurt. Untuk yogurt set style, buah ditambahkan di bagian bawah cangkir dan kemudian yogurt yang diinokulasi dituangkan di atasnya dan yogurt difermentasi di dalam cangkir. Untuk yogurt gaya swiss, buah dicampur dengan yogurt yang difermentasi dan didinginkan sebelum dikemas.

9. Kemasan

Yoghurt dipompa dari tong fermentasi dan dikemas sesuai keinginan.

Produksi Keju

Halaman ini menjelaskan produksi umum keju dan mencakup Definisi Resmi Keju, Bahan, Kultur Bakteri, dan Prosedur Pembuatan Umum.

Definisi Keju

Keju memiliki banyak variasi. Variasi menentukan bahan, pengolahan, dan karakteristik keju. Komposisi banyak keju ditentukan oleh Standards of Identity di U.S. Code of Federal Regulations (CFR).

Keju dapat dibuat dengan menggunakan susu pasteurisasi atau susu mentah. Keju yang terbuat dari susu mentah memberikan rasa dan karakteristik tekstur yang berbeda pada keju jadi. Untuk beberapa jenis keju, susu mentah diberi perlakuan panas ringan (di bawah pasteurisasi) sebelum pembuatan keju untuk menghancurkan beberapa organisme pembusuk dan memberikan kondisi yang lebih baik untuk kultur keju. Keju yang dibuat dari susu mentah harus berumur minimal 60 hari, seperti yang didefinisikan dalam CFR, bagian 7 CFR 58.439, untuk mengurangi kemungkinan terkena penyakit yang menyebabkan mikroorganisme (patogen) yang mungkin ada di dalam susu. Untuk beberapa varietas keju harus berumur lebih dari 60 hari.

Keju dapat dikategorikan secara luas sebagai keju asam atau rennet, dan keju alami atau keju proses. Keju asam dibuat dengan menambahkan asam ke susu untuk menyebabkan protein membeku. Keju segar, seperti krim keju atau queso fresco, dibuat dengan pengasaman langsung. Sebagian besar jenis keju, seperti cheddar atau Swiss, menggunakan rennet (enzim) selain kultur starter untuk mengental susu. Istilah “keju alami” adalah istilah industri yang mengacu pada keju yang dibuat langsung dari susu. Keju proses dibuat menggunakan keju alami ditambah bahan lain yang dimasak bersama untuk mengubah sifat tekstur dan / atau leleh dan meningkatkan umur simpan.

Bahan

Bahan utama keju adalah susu. Keju dibuat dari sapi, kambing, domba, kerbau atau campuran susu ini.

Jenis koagulan yang digunakan tergantung pada jenis keju yang diinginkan. Untuk keju asam, sumber asam seperti asam asetat (asam dalam cuka) atau gluconodelta-lactone (asam makanan ringan) digunakan. Untuk keju rennet, rennet anak sapi atau, lebih umum lagi,

rennet yang diproduksi melalui proses bioproses mikroba digunakan. Kalsium klorida terkadang ditambahkan ke keju untuk meningkatkan sifat koagulasi susu.

Perasa dapat ditambahkan tergantung pada keju. Beberapa bahan umum termasuk jamu, rempah-rempah, paprika panas dan manis, lobak, dan anggur port.

Kultur Bakteri

Kultur pembuatan keju disebut bakteri asam laktat (BAL) karena sumber energi utamanya adalah laktosa dalam susu dan produk metabolisme utamanya adalah asam laktat. Ada berbagai macam kultur bakteri yang tersedia yang memberikan rasa dan karakteristik tekstur yang berbeda pada keju. Untuk penjelasan yang lebih rinci tentang kultur keju dan mikrobiologi, lihat Fox (2004), Kosikowski dan Mistry (1997), dan Law (1997).

Kultur starter digunakan pada awal proses pembuatan keju untuk membantu koagulasi dengan menurunkan pH sebelum penambahan rennet. Metabolisme kultur starter menyumbangkan senyawa rasa yang diinginkan, dan membantu mencegah pertumbuhan organisme pembusuk dan patogen. Bakteri starter khas termasuk *Lactococcus lactis subsp. lactis* atau *cremoris*, *Streptococcus salivarius subsp. thermophilus*, *Lactobacillus delbrueckii subsp. bulgaricus*, dan *Lactobacillus helveticus*.

Prosedur Manufaktur Umum

Temperatur, waktu, dan pH target untuk berbagai langkah, urutan langkah pemrosesan, penggunaan penggaraman atau brining, pembentukan blok, dan penuaan sangat bervariasi antara jenis keju. Diagram alir berikut memberikan gambaran umum tentang langkah-langkah pembuatan keju. Langkah-langkah pemrosesan umum untuk keju Cheddar digunakan sebagai ilustrasi. Untuk penjelasan lebih rinci lihat referensi literatur oleh Fox (2004), Kosikowski dan Mistry (1997), Law (1997), Walstra et al. (1999), dan situs web oleh Goff, www.foodsci.uoguelph.ca/dairyledu/cheese.html.

Langkah-langkah Pengolahan Keju Umum

- Standarisasi Susu
- Pasteurisasi / Panaskan Susu
- Susu Dingin
- Menyuntik dengan Starter & Non-Starter Bakteri dan Ripen
- Tambahkan Rennet dan Form Curd
- Potong Dadih dan Panaskan
- Tiriskan *Whey*
- Tekstur dadih
- Garam Kering atau *Brine*
- Bentuk Keju menjadi Balok
- Penyimpanan dan Usia
- Kemasan

Waktu, suhu, dan nilai pH target yang digunakan untuk keju cheddar akan bergantung pada formulasi individu dan tujuan akhir penggunaan keju. Kondisi ini dapat disesuaikan untuk mengoptimalkan sifat keju Cheddar untuk pencacahan, peleburan, atau untuk keju yang akan didiamkan selama beberapa tahun.

1. Standarisasi Susu

Susu sering distandarisasi sebelum pembuatan keju untuk mengoptimalkan rasio protein terhadap lemak untuk membuat keju berkualitas baik dengan hasil tinggi

2. Pasteurisasi / Panaskan Susu

Tergantung pada keju yang diinginkan, susu dapat dipasteurisasi atau diolah dengan sedikit panas untuk mengurangi jumlah organisme pembusuk dan memperbaiki lingkungan untuk kultur starter untuk tumbuh. Beberapa jenis susu dibuat dari susu mentah sehingga tidak dipasteurisasi atau diolah dengan panas. Keju susu mentah harus berumur minimal 60 hari untuk mengurangi kemungkinan terkena penyakit penyebab mikroorganisme (patogen) yang mungkin ada di dalam susu.

3. Susu Dingin

Susu didinginkan setelah pasteurisasi atau perlakuan panas hingga 90 ° F (32 ° C) untuk membawanya ke suhu yang dibutuhkan agar bakteri starter tumbuh. Jika susu mentah digunakan, susu harus dipanaskan hingga 90 ° F (32 ° C).

4. Menyuntik dengan Starter dan Non-Starter Bakteri dan Masak

Kultur starter dan bakteri tambahan non-starter ditambahkan ke susu dan ditahan pada 90 ° F (32 ° C) selama 30 menit untuk mematangkan. Langkah pematangan memungkinkan bakteri tumbuh dan memulai fermentasi, yang menurunkan pH dan mengembangkan rasa keju.

5. Tambahkan Rennet dan Form Curd

Rennet adalah enzim yang bekerja pada protein susu untuk membentuk dadih. Setelah rennet ditambahkan, dadih tidak terganggu selama kurang lebih 30 menit sehingga terbentuk koagulum yang kokoh.

6. Potong Dadih dan Panaskan

Dadih dibiarkan berfermentasi hingga mencapai pH 6,4. Dadih kemudian dipotong dengan pisau keju menjadi potongan-potongan kecil dan dipanaskan hingga 100 ° F (38 ° C). Langkah pemanasan membantu memisahkan whey dari dadih.

7. Tiriskan whey

Air dadih dikeringkan dari tong dan dadih membentuk alas.

8. Tekstur dadih

Dadih tikar dipotong menjadi beberapa bagian dan ditumpuk di atas satu sama lain dan dibalik secara berkala. Langkah ini disebut cheddaring. Cheddaring membantu mengeluarkan lebih banyak whey, memungkinkan fermentasi berlanjut hingga pH 5,1 hingga 5,5 tercapai, dan memungkinkan alas untuk "merajut" bersama dan membentuk struktur kusut yang lebih rapat. Dadih tikar kemudian digiling (dipotong) menjadi potongan-potongan kecil.

9. Garam Kering atau Brine

Untuk keju cheddar, potongan dadih giling yang lebih kecil dimasukkan kembali ke dalam tong dan diasinkan dengan menaburkan garam kering pada dadih dan mencampurkannya dengan garam. Pada beberapa jenis keju, seperti mozzarella, dadih dibentuk menjadi roti dan kemudian roti dimasukkan ke dalam air garam (larutan air garam).

10. Bentuk Keju menjadi Balok

Potongan dadih asin ditempatkan di lingkaran keju dan ditekan menjadi balok untuk membentuk keju.

11. Penyimpanan dan Umur

Keju disimpan dalam pendingin sampai usia yang diinginkan tercapai. Tergantung pada varietasnya, keju dapat berumur dari beberapa bulan sampai beberapa tahun.

12. Kemasan

Keju dapat dipotong dan dikemas menjadi balok atau mungkin dilapisi lilin.

Pedoman Pendinginan Keju

Keju Lembut Pendinginan Penting	
Varitas	Kelembaban maksimum
Cottage	80
Bakers	(80)
Neufchatel	65
Cook (Kock)	80
Krim	55
High Moist Jack	50 (44 Min.)
Semua varitas dadih keju	
Varitas	Kelembaban maksimum
Low Moisture Mozzarella Scamorze	52 (45 min.)
Low Moisture Mozzarella, Scamorze	52 (45 min.)
Mozzarella, Scamorze	60 (52 min.)
Part Skim Mozzarella, Scamorze	60 (52 Min.)
Ricotta	(70)

Keju Semi-Lembut Pendinginan Diinginkan			
Varitas	Kelembaban maksimum	Varitas	Kelembaban maksimum
Surfaced Ripened		Mold Ripened	
Brie	(50)	Blue	46
Camembert	(50)	Gorgonzola	46
Brick	44	Roquefort	45
Limburger	50		
Varitas Lain		Kelembaban Maksimum	
Edam , Gouda		45	
Monterrey , Monterrey Jack		44	
Muenster, Munster		46	
Keju Keras Pendinginan Opsional		Parutan Keras, Keju Parut Pendinginan Tidak Diperlukan	
Kelembaban maksimum varitas		Kelembaban maksimum varitas	
Cheddar 39		Parmesan 32	
Colby 40		Romano 34	
Swiss 41		Grated (18)	

KEJU PROSES DAN PRODUK TERKAIT PENDINGINAN OPSIONAL, KECUALI UNTUK PRODUK KEJU YANG SAAT INI TIDAK DILAKUKAN REKOMENDASI UMUM			
Jenis	Kelembaban Maksimum	Jenis	Kelembaban Maksimum
Keju Proses Pasteurisasi	(40-42)	Makanan Keju	44
Keju oles	60 (44 min.)	Produk Keju	(60)?

Daftar Pustaka

Boor, K. J. *Origin of the 60-day Minimum Holding Period Requirement for United States Cheeses Made from Sub- or Unpasteurized Milk*. 2005. **Food Prot. Trends** 25:767-770.

Bryan, F. L. *Epidemiology of Milk-Borne Diseases*. 1983. **J. Food Prot.** 46:637-649.

Chandan, R. *Dairy-Based Ingredients*. 1997. **Amer. Assoc. Cereal Chem.** Eagan Press, St. Paul, MN.

- Enright, J. B., W. W. Sadler, and R. C. Thomas. *Thermal Inactivation of Coxiella burnetii and Its Relation to Pasteurization of Milk*. 1957. **Public Health Monograph No. 47, Public Health Service Publication No. 517**, issued concurrently with the October 1957 issue of Public Health Reports, Vol. 72, No.10. United States Printing Office, Washington, D.C.
- Fox, P. F., ed. *Cheese: Chemistry, Physics and Microbiology*. 2004. 3rd Ed. Elsevier Academic Press, Amsterdam.
- Goff, D. *Dairy Science and Technology Education*. University of Guelph, Canada. www.foodsci.uoguelph.ca/dairyedu/home.html
- Hall, C. W., and G. M. Trout. *Milk Pasteurization*. 1968. AVI Publ. Co., Inc., Wesport, CT.
- Kosikowski, F. V., and V. V. Mistry. *Cheese and Fermented Milk Foods*. 1997. 3rd Ed. F. V. Kosikowski, L. L. C. Westport, CT.
- Law, B. A. ed. *Microbiology and Biochemistry of Cheese and Fermented Milks*. 1997. 2nd Ed. Blackie Academic and Professional, London.
- Marshall, R. T., H. D. Goff, and R. W. Hartel. *Ice Cream*. 2003. 6th Ed. Kluwer Academic/Plenum Publ., NY.
- Miller, G. D., J. K. Jarvis, and L. D. McBean. *Handbook of Dairy Foods and Nutrition*. 1999. 2nd Ed. National Dairy Council, CRC Press, Boca Raton, FL.
- Murphy, S. C., L. J. Whited, L. C. Rosenberry, B. H. Hammond, D. K. Bandler, and K. J. Boor. *Fluid milk vitamin fortification compliance in New York State*. 2001. **J. Dairy Sci.** **84**:2813-2820.
- Staff, M. C. *Cultured Milk and Fresh Cheeses*. In: *The Technology of Dairy Products*. 1998. 2nd Ed., R. Early, ed. Blackie Academic and Professional, London. pp. 123-157.
- amime, A. Y., and R. K. Robinson. *Yoghurt Science and Technology*. 1999. 2nd Ed. CRC Press, Boca Raton, FL.
- Tetra Pak. Dairy Processing Handbook*. 1995. Tetra Pak Processing Systems AB, Lund, Sweden.
- U.S. Food and Drug Admin, Dept. of Health and Human Services. Code of Federal Regulations, Part 1, Title 21, Sections 131, 133, and 135. April 2006 Revision. <http://www.gpoaccess.gov/cfr/index.html>, click here for a listing of product Standards of Identity
- U.S. Dept. of Health and Human Services, Public Health Service and Food and Drug Admin. Grade "A" Pasteurized Milk Ordinance. 2017 Revision
- Walstra, P., T. J. Geurts, A. Noomen, A. Jellema, and M. A. J. S. van Boekel. *Dairy Technology, Principles of Milk Properties and Processes*. 1999. Marcel Dekker, Inc., NY.

5

Fakta Gizi Susu

Bagian Fakta Gizi mencakup topik yang berkaitan dengan susu dan gizi serta kesehatan manusia. Gambaran singkat tentang pencernaan makanan dan penyerapan komponen nutrisi disajikan di bawah sebagai pengantar bagian ini. Topik yang dibahas adalah:

- Komponen Gizi dalam Susu: energi, air, karbohidrat, lemak, protein, vitamin, mineral, protein dan enzim biologis minor.
- Kandungan Nutrisi dari Varietas Susu sapi (utuh, 2% lemak, 1% lemak, skim), kambing, domba, dan kerbau.
- Susu dan Masalah Kesehatan Manusia: arthritis, kanker, penyakit kardiovaskular, masalah kesehatan anak-anak, kolesterol, asam linoleat terkonjugasi, hipertensi, intoleransi laktosa, kesehatan mulut, osteoporosis, probiotik dan penyakit diare.

Bagaimana Tubuh Mencerna Makanan dan Menyerap Komponen Gizi

Makanan mengalami pencernaan mekanis, kimiawi, dan enzimatik saat berjalan dari mulut ke perut ke usus. Banyak bahan kimia, enzim, hormon, kelenjar, dan organ yang terlibat dalam penyerapan nutrisi dari makanan.

Langkah pertama adalah pencernaan mekanis di mulut - mengunyah makanan untuk memecahnya menjadi potongan-potongan kecil. Air liur yang disekresikan oleh kelenjar ludah mengandung air yang membantu melarutkan makanan agar lebih mudah untuk ditelan. Air liur mengandung enzim amilase yang mulai memecah molekul karbohidrat yang lebih besar, yang membuatnya lebih mudah dicerna di usus kecil.

Pencernaan mekanis berlanjut di perut saat mengaduk makanan dan mencampurnya dengan jus lambung. Lambung mengandung asam klorida yang melarutkan komponen makanan tambahan yang tidak larut dalam air liur. Lingkungan yang sangat asam di perut menyebabkan protein terungkap (denaturasi) sehingga dapat berinteraksi dengan enzim pepsin, yang memecah protein menjadi molekul yang lebih kecil (peptida) untuk memudahkan pencernaan di usus kecil. Lipase lambung mulai memecah lemak untuk pencernaan lebih lanjut di usus kecil.

Mayoritas pencernaan makanan terjadi di bagian pertama usus kecil, duodenum. Saat makanan meninggalkan lambung dan memasuki duodenum, hormon memberi sinyal pada

pankreas untuk melepaskan natrium bikarbonat untuk menetralkan asam lambung sehingga enzim pencernaan dapat bertindak. Pankreas melepaskan enzim untuk mencerna semua komponen makanan utama - protease untuk memecah protein menjadi peptida kecil, amilase untuk memecah karbohidrat menjadi molekul yang lebih kecil, dan lipase untuk memecah lemak. Hormon memicu pelepasan empedu yang diproduksi di hati dan disimpan di kantong empedu untuk membantu pengemulsi lemak untuk pencernaan dan penyerapan. Pemecahan lebih lanjut peptida menjadi asam amino dan karbohidrat kecil menjadi molekul gula individu terjadi oleh enzim yang disekresikan oleh sel usus.

Karbohidrat utama dalam susu adalah laktosa, yaitu molekul yang harus dipecah (dihidrolisis) menjadi dua gula individualnya (glukosa dan galaktosa) sebelum diserap. Laktosa dipecah oleh enzim laktase yang disekresikan oleh sel-sel usus. Aktivitas laktase sering menurun seiring bertambahnya usia atau mungkin kekurangan pada beberapa populasi, yang dapat menyebabkan malabsorpsi laktosa atau intoleransi laktosa.

Penyerapan nutrisi terjadi di bagian kedua dan ketiga dari usus kecil, jejunum dan ileum. Protein, karbohidrat, lemak, vitamin yang larut dalam lemak, vitamin yang larut dalam air, dan mineral diserap menggunakan proses yang berbeda oleh sel-sel khusus. Beberapa nutrisi diserap melalui difusi melintasi membran sel, yang lain membutuhkan transporter atau protein pengikat, dan penyerapan lemak melibatkan jaringan kompleks pembawa lipid.

Setelah penyerapan nutrisi di usus kecil, sisa massa pindah ke usus besar. Fungsi usus besar adalah menyerap air dan natrium serta menyiapkan sisa massa untuk dikeluarkan oleh tubuh.

Komponen Gizi dalam Susu

Halaman ini menjelaskan fungsi komponen nutrisi dalam susu: Energi, Air, Karbohidrat, Lemak, Protein, Vitamin, Mineral, dan Protein & Enzim Biologis Kecil. Tautan disediakan untuk menggerakkan pembaca ke halaman yang menyajikan kandungan nutrisi tertentu dalam susu, informasi latar belakang penting tentang kimia karbohidrat susu (laktosa), lemak, protein, dan enzim, dan topik lain yang dibahas lebih mendalam di bagian lain.

Energi

Energi dalam susu berasal dari kandungan protein, karbohidrat dan lemaknya, kecuali susu skim yang hampir tidak memiliki lemak. Kandungan energi beberapa varietas susu ditunjukkan pada Tabel Kandungan Gizi.

Makanan memberikan energi bagi tubuh dalam bentuk kalori (kkal). Ada banyak komponen dalam makanan yang memberikan manfaat gizi, tetapi hanya protein makronutrien, karbohidrat dan lemak yang memberikan energi. Nilai energi suatu makanan dihitung berdasarkan kalori yang disediakan oleh jumlah protein (4 kkal/gram), karbohidrat (4 kkal / gram), dan lemak (9 kkal/gram) yang ada.

Air

Susu kira-kira 87% air, jadi ini adalah sumber air yang baik dalam makanan. Kadar air beberapa varietas susu ditunjukkan pada Tabel Kandungan Gizi.

Air tidak memberikan manfaat nutrisi seperti halnya protein atau vitamin, misalnya. Namun, air sangat penting dalam metabolisme manusia. Air merupakan komponen utama dalam tubuh. Air menjaga volume darah, mengangkut nutrisi seperti glukosa dan oksigen ke jaringan dan organ, dan mengangkut produk limbah dari jaringan dan organ untuk dibuang oleh tubuh. Air membantu melumasi persendian dan bantalan organ selama bergerak. Air menjaga pengaturan suhu tubuh melalui keringat. Kekurangan air (dehidrasi) menyebabkan kelelahan, gangguan mental, kram, dan penurunan performa atletik. Dehidrasi parah bisa mengancam jiwa.

Karbohidrat

Susu mengandung sekitar 4,9% karbohidrat dalam bentuk laktosa. Kandungan laktosa dari beberapa varietas susu ditunjukkan pada Tabel Kandungan Gizi.

Karbohidrat adalah sumber energi utama untuk beraktivitas. Glukosa adalah satu-satunya bentuk energi yang dapat digunakan oleh otak. Kelebihan glukosa disimpan dalam bentuk glikogen di otot dan hati untuk digunakan nanti. Karbohidrat penting dalam regulasi hormonal dalam tubuh. Kekurangan kadar glukosa dalam darah dan simpanan karbohidrat menyebabkan kelelahan otot dan kurangnya konsentrasi.

Laktosa adalah disakarida yang terdiri dari glukosa dan galaktosa yang terikat bersama. Sebelum dapat digunakan oleh tubuh, ikatan tersebut harus diputuskan oleh enzim laktase di usus halus. Orang yang mengalami penurunan aktivitas laktase di usus kecil mungkin mengalami masalah dalam mencerna laktosa dan ini disebut sebagai intoleransi laktosa atau malabsorpsi.

Lemak

Susu mengandung sekitar 3,4% lemak. Kandungan lemak beberapa varietas susu ditunjukkan pada Tabel Kandungan Gizi.

Lemak adalah komponen struktural dari membran sel dan hormon. Lemak adalah sumber energi terkonsentrasi dan merupakan sumber energi utama yang digunakan tubuh selama aktivitas intensitas rendah dan olahraga berkepanjangan selama 90 menit. Lemak adalah bentuk penyimpanan utama dari kelebihan energi dalam tubuh. Lemak melindungi organ selama bergerak.

Ada 2 asam lemak yang dianggap "esensial" yang tidak dapat dibuat oleh tubuh dan harus berasal dari makanan, yaitu asam linoleat (18: 2) dan linolenat (18: 3). Asam lemak ini digunakan untuk mensintesis asam lemak rantai panjang asam arakidonat (AA, 20: 4 ω -6), asam docopentaenoic (DPA, 22: 4 ω -6), asam eicosapentaenoic (EPA, 20: 5 ω -3) dan asam docohexaenoic (DHA, 22: 6 ω -3). Asam lemak ini penting untuk sintesis hormon seperti prostaglandin, tromboksan, dan leukotrien yang terlibat dalam kontraksi otot, pembekuan darah, dan respons imun.

Asam lemak dalam lemak susu kira-kira 65% jenuh, 29% tak jenuh tunggal, dan 6% tak jenuh ganda. Asam lemak tak jenuh ganda dalam lemak susu termasuk sejumlah kecil asam lemak esensial linoleat dan linolenat, dan sekitar 5% asam lemak trans. Asam lemak trans penting dalam lemak susu adalah asam linoleat terkonjugasi (CLA, 18: 2). Ada beberapa jenis (isomer) CLA dalam susu yang telah terbukti dapat menghambat kanker dan membantu

mempertahankan massa tubuh tanpa lemak sekaligus mendorong hilangnya lemak tubuh. Manfaat kesehatan dari konsumsi CLA dibahas di bagian Susu dan Kesehatan Manusia.

Masalah kesehatan yang terkait dengan lemak sering kali dikaitkan dengan perbedaan kimiawi dalam asam lemak. Lemak jenuh dan tak jenuh trans telah dikaitkan dengan kolesterol darah tinggi dan penyakit jantung. Namun, hubungannya tidak sederhana. Panjang rantai asam lemak dan sumber ikatan tak jenuh (terjadi secara alami atau buatan manusia melalui pemrosesan) dapat sangat mempengaruhi konsekuensi kesehatan dari lemak tertentu dalam makanan manusia. Selain itu, faktor genetik dan status kesehatan seseorang sangat mempengaruhi dampak dari konsumsi berbagai jenis lemak. Masalah lemak dan kesehatan sangatlah kompleks dan terus diperbarui dalam literatur medis. Masalah yang berkaitan dengan lemak susu dibahas di bagian Susu dan Kesehatan Manusia.

Kandungan kolesterol dalam susu ditunjukkan pada Tabel Kandungan Gizi. Kolesterol merupakan komponen penting dari membran sel dan sebagai bahan awal produksi garam empedu dan hormon steroid. Tubuh memproduksi kolesterol untuk memastikan bahwa tingkat kolesterol yang cukup tersedia untuk fungsi tubuh. Kadar kolesterol darah yang tinggi dikaitkan dengan peningkatan risiko penyakit jantung dan dibahas dalam Susu dan Kesehatan Manusia.

Protein

Susu mengandung sekitar 3,3% protein dan mengandung semua asam amino esensial. Kandungan protein beberapa varietas susu ditunjukkan pada Tabel Kandungan Gizi.

Protein adalah bahan pembangun fundamental dari otot, kulit, rambut, dan komponen seluler. Protein dibutuhkan untuk membantu otot berkontraksi dan rileks, serta membantu memperbaiki jaringan yang rusak. Mereka memainkan peran penting dalam banyak fungsi tubuh sebagai enzim, hormon, dan antibodi. Protein juga dapat digunakan sebagai sumber energi oleh tubuh.

Sembilan asam amino harus diperoleh dari makanan dan disebut sebagai asam amino "esensial": leusin, isoleusin, valin, fenilalanin, triptofan, histidin, treonin, metionin, dan lisin. Protein yang mengandung semua 9 asam amino esensial sering disebut protein "lengkap". Protein hewani dan kedelai adalah protein lengkap, sedangkan protein dari biji-bijian dan kacang-kacangan kehilangan 1 atau lebih asam amino esensial, yang berarti konsumen harus makan makanan pendamping untuk mendapatkan semua asam amino esensial.

Protein susu terdiri dari sekitar 82% kasein dan 18% protein whey (serum). Baik kasein dan protein whey ada dalam susu, yogurt, dan es krim. Pada kebanyakan keju, kasein digumpalkan untuk membentuk dadih, dan air dadih dikeringkan dan hanya menyisakan sejumlah kecil protein whey di dalam keju. Selama pembuatan keju, 6-kasein dibelah di antara asam amino tertentu dan menghasilkan fragmen protein unik yang dikeringkan dengan whey. Fragmen ini, disebut milk glycomacropeptide, tidak memiliki fenilalanin dan dapat digunakan sebagai sumber protein bagi penderita fenilketonuria, yaitu ketidakmampuan untuk mencerna protein yang mengandung fenilalanin. Protein whey telah menjadi bahan populer dalam makanan sebagai sumber protein tambahan atau untuk manfaat fungsional. Protein whey digunakan sebagai sumber protein dalam minuman berprotein tinggi dan energy bar yang ditargetkan untuk atlet. Beberapa contohnya antara lain penggunaan protein whey

untuk mengikat air pada produk daging dan sosis, memberikan kerak coklat pada produk bakery, dan memberikan sifat whipping yang menggantikan porsi putih telur.

Protein *whey* mengandung imunoglobulin yang penting dalam respon imun tubuh. Protein *whey* mengandung asam amino rantai cabang (leusin, isoleusin, dan valin) dan telah diusulkan memiliki beberapa manfaat bagi atlet untuk pemulihan otot dan untuk mencegah kelelahan mental.

Vitamin

Vitamin memiliki banyak peran dalam tubuh termasuk faktor pendamping metabolisme, pengangkutan oksigen dan antioksidan. Mereka membantu tubuh menggunakan karbohidrat, protein, dan lemak. Fungsi vitamin dijelaskan di bawah ini dalam urutan abjad.

Kandungan vitamin A dalam susu ditunjukkan pada Tabel Kandungan Gizi. Vitamin A adalah vitamin larut lemak yang terlibat dalam penglihatan, ekspresi gen, reproduksi, dan respons imun. Senyawa dengan aktivitas vitamin A disebut retinoid dan ditemukan dalam makanan dalam berbagai bentuk - biasanya makanan hewani menyediakan retinol dan retinil ester, dan makanan nabati menyediakan β -karoten, molekul awal (prekursor) untuk sintesis vitamin A. Susu mengandung retinol, retinyl ester, dan β -carotene. Produk susu merupakan sumber vitamin A yang baik, walaupun kandungan vitamin A akan berbeda dengan kandungan lemak produk tersebut. Satu porsi 8 ons susu 2% mengandung sekitar 15% asupan referensi harian (DRI) untuk vitamin A.

Kandungan thiamin (vitamin B1) dalam susu ditunjukkan pada Tabel Kandungan Gizi. Thiamin adalah vitamin yang larut dalam air yang merupakan kofaktor enzim yang terlibat dalam metabolisme karbohidrat dan asam amino rantai cabang. Satu porsi 8 ons susu 2% mengandung sekitar 8% DRI untuk thiamin.

Kandungan riboflavin (vitamin B2) dalam susu ditunjukkan pada Tabel Kandungan Gizi. Riboflavin adalah vitamin yang larut dalam air yang merupakan kofaktor enzim yang terlibat dalam reaksi transpor elektron. Susu adalah sumber riboflavin yang direkomendasikan dan porsi 8 ons susu 2% menyediakan sekitar 35% DRI untuk riboflavin.

Kandungan niasin (vitamin B3) dalam susu ditunjukkan pada Tabel Kandungan Gizi. Niasin adalah vitamin yang larut dalam air yang merupakan kofaktor enzim yang terlibat dalam reaksi transpor elektron yang diperlukan untuk metabolisme energi. Ada sedikit niasin dalam susu, porsi 8 ons susu 2% mengandung kurang dari 2% DRI untuk niasin.

Kandungan asam pantotenat (vitamin B5) dalam susu ditunjukkan pada Tabel Kandungan Gizi. Asam pantotenat adalah vitamin yang larut dalam air yang merupakan kofaktor enzim dalam metabolisme asam lemak. Susu adalah sumber asam pantotenat yang baik dan satu porsi susu 2% seberat 8 ons mengandung sekitar 17% DRI untuk asam pantotenat.

Kandungan vitamin B6 (piridoksin) dalam susu ditunjukkan pada Tabel Kandungan Gizi. Vitamin B6 adalah vitamin yang larut dalam air yang terlibat dalam metabolisme protein dan glikogen (energi yang disimpan di hati dan otot), dan dalam metabolisme sfingolipid di sistem saraf. Satu porsi 8 ons susu 2% mengandung sekitar 7% DRI untuk vitamin B6.

Kandungan vitamin B12 (cobalamin) dalam susu ditunjukkan pada Tabel Kandungan Gizi. Vitamin B12 adalah vitamin yang larut dalam air yang terlibat dalam metabolisme protein dan fungsi darah. Susu adalah sumber vitamin B12 yang direkomendasikan. Satu porsi 8 ons susu 2% mengandung sekitar 47% DRI untuk vitamin B12.

Kandungan vitamin C dalam susu ditunjukkan pada Tabel Kandungan Gizi. Vitamin C adalah vitamin yang larut dalam air yang merupakan antioksidan penting. Ini memiliki peran dalam pembentukan kolagen di jaringan ikat dan membantu penyerapan zat besi dan penyembuhan luka dan cedera. Jumlah vitamin C dalam susu dapat diabaikan, dan satu porsi susu mengandung kurang dari 1% DRI untuk Vitamin C.

Kandungan vitamin D dalam susu ditunjukkan pada Tabel Kandungan Gizi. Vitamin D adalah vitamin larut lemak yang penting dalam menjaga keseimbangan kalsium dan fosfor darah serta membantu metabolisme kalsium. Susu biasanya diperkaya dengan vitamin D. Susu yang diperkaya adalah sumber vitamin D yang baik, dan satu porsi susu 2% sebanyak 8 oz mengandung lebih dari 50% DRI untuk vitamin D.

Kandungan vitamin E dalam susu ditunjukkan pada Tabel Kandungan Gizi. Vitamin E adalah vitamin larut lemak yang memiliki aktivitas antioksidan. Senyawa dengan aktivitas vitamin E adalah tokoferol dan tokotrienol. Susu mengandung sedikit vitamin E, yang meningkat seiring dengan meningkatnya kandungan lemak produk susu. Satu porsi 8 ons susu murni mengandung 1% vitamin E, dan 8 ons porsi susu 2% hanya mengandung 0,5% DRI untuk vitamin E.

Kandungan folat dalam susu ditunjukkan pada Tabel Kandungan Gizi. Folat adalah salah satu vitamin B yang larut dalam air. Folat merupakan kofaktor enzim yang penting dalam metabolisme protein dan asam nukleat serta fungsi darah. Ada sedikit folat dalam susu. Satu porsi 8 ons susu 2% mengandung 3% DRI untuk folat.

Kandungan vitamin K dalam susu ditunjukkan pada Tabel Kandungan Gizi. Vitamin K adalah vitamin larut lemak yang terlibat dalam pembekuan darah, metabolisme tulang, dan sintesis protein. Susu mengandung sedikit vitamin K, yang meningkat seiring dengan kandungan lemak dalam produk susu. Satu porsi susu 8 ons mengandung kurang dari 1% DRI untuk vitamin K.

Mineral

Mineral memiliki banyak peran dalam tubuh diantaranya fungsi enzim, pembentukan tulang, pemeliharaan keseimbangan air, dan pengangkutan oksigen. Mereka membantu tubuh menggunakan karbohidrat, protein, dan lemak. Fungsi mineral dijelaskan di bawah ini dalam urutan abjad.

Kandungan zat besi dalam susu ditunjukkan pada Tabel Kandungan Gizi. Zat besi adalah komponen darah dan banyak enzim. Ini terlibat dalam metabolisme darah dan transportasi oksigen. Susu mengandung sedikit zat besi, dan satu porsi susu seberat 8 oz mengandung kurang dari 1% DRI untuk zat besi.

Kandungan fosfor dalam susu ditunjukkan pada Tabel Kandungan Gizi. Fosfor terlibat dalam menjaga pH tubuh, dalam penyimpanan dan transfer energi, dan dalam sintesis nukleotida. Susu adalah sumber fosfor yang direkomendasikan, dan satu porsi susu 8 oz mengandung lebih dari 30% DRI untuk fosfor.

Kandungan kalium dalam susu ditunjukkan pada Tabel Kandungan Gizi. Kalium merupakan elektrolit yang penting dalam menjaga keseimbangan air, volume darah dan tekanan darah. Produk susu adalah sumber potasium yang direkomendasikan, dan satu porsi susu sebanyak 8 ons mengandung sekitar 8% DRI untuk kalium.

Kandungan kalsium dalam susu ditunjukkan pada Tabel Kandungan Gizi. Kalsium berperan penting dalam pembentukan dan metabolisme tulang, kontraksi otot, transmisi saraf, dan pembekuan darah. Produk susu adalah sumber kalsium yang signifikan dalam makanan. Susu adalah sumber kalsium yang direkomendasikan, dan porsi 8 oz mengandung hampir 30% DRI untuk kalsium.

Kandungan magnesium dalam susu ditunjukkan pada Tabel Kandungan Gizi. Magnesium adalah kofaktor enzim dan penting dalam metabolisme tulang. Susu adalah sumber magnesium yang direkomendasikan, dan porsi 8 ons susu 2% mengandung sekitar 7% DRI untuk magnesium.

Kandungan mangan dalam susu ditunjukkan pada Tabel Kandungan Gizi. Mangan terlibat dalam pembentukan tulang, dan enzim yang terlibat dalam metabolisme asam amino, kolesterol, dan karbohidrat. Ada sedikit mangan dalam susu. Satu porsi 8 ons mengandung kurang dari 1% DRI.

Kandungan natrium dalam susu ditunjukkan pada Tabel Kandungan Gizi. Natrium merupakan elektrolit yang penting dalam menjaga keseimbangan air dan volume darah. Satu porsi susu 8 ons mengandung sekitar 7% DRI untuk natrium.

Kandungan selenium dalam susu ditunjukkan pada Tabel Kandungan Gizi. Selenium penting dalam respons stres oksidatif, transpor elektron, dan regulasi hormon tiroid. Susu adalah sumber selenium yang baik, dan porsi 8 ons susu 2% mengandung sekitar 11% DRI untuk selenium.

Kandungan seng dalam susu ditunjukkan pada Tabel Kandungan Gizi. Seng adalah komponen dari banyak enzim dan protein, dan terlibat dalam regulasi gen. Susu adalah sumber seng yang baik, dan porsi 8 oz mengandung sekitar 10% DRI untuk seng.

Kandungan tembaga dalam susu ditunjukkan pada Tabel Kandungan Gizi. Tembaga adalah komponen enzim yang digunakan dalam metabolisme besi. Susu mengandung sedikit tembaga. Satu porsi 8 ons susu 2% mengandung sekitar 3% DRI untuk tembaga.

Protein dan Enzim Biologis Minor

Protein dan enzim minor lainnya dalam susu yang menarik bagi nutrisi termasuk laktoferin dan laktoperoksidase. Ada banyak enzim lain di dalam susu tetapi ini tidak berperan dalam nutrisi manusia.

Laktoferin adalah protein pengikat besi yang berperan dalam penyerapan zat besi dan respon imun. Banyak fungsi laktoferin lainnya telah diusulkan, tetapi konfirmasi mereka masih dalam studi, termasuk perlindungan terhadap infeksi bakteri dan virus, dan perannya dalam respon inflamasi dan aktivitas enzim. Penggunaan laktoferin sebagai agen antimikroba dibahas di bagian Sifat Antibakteri Susu di situs web ini.

Laktoperoksidase adalah enzim yang, dengan adanya hidrogen peroksida dan tiosianat, memiliki sifat antibakteri. Penggunaan laktoperoksidase sebagai agen antimikroba dibahas di bagian Sifat Antibakteri Susu di situs web ini. Laktoperoksidase tidak memberikan perlindungan

antimikroba pada susu segar karena hidrogen peroksida biasanya tidak ada dalam susu - harus ditambahkan untuk mengaktifkan sistem ini.

Lipase, sekelompok enzim yang memecah lemak, ada dalam susu tetapi dinonaktifkan oleh pasteurisasi, yang meningkatkan umur simpan susu. Keyakinan populer di kalangan konsumen susu mentah adalah bahwa lipase asli dalam susu memainkan peran penting dalam pencernaan lemak. Pencernaan lemak dimulai di perut dengan lipase lambung, dan sebagian besar pencernaan lemak terjadi di usus kecil, menggunakan enzim yang disekresikan oleh pankreas. Kepentingan relatif dari lipase susu asli dalam pencernaan dibandingkan dengan lipase pankreas tidak jelas.

Laktase (β -galaktosidase) adalah enzim yang bertanggung jawab untuk pemecahan laktosa menjadi glukosa dan galaktosa untuk pencernaan. Tidak ada laktase dalam susu segar. Setiap laktase yang ada dalam produk susu berasal dari bakteri asam laktat yang ditambahkan ke susu dengan sengaja, seperti dalam kasus yogurt dan keju, atau yang masuk ke dalam susu dari kontaminasi udara atau lainnya. Kepercayaan yang populer adalah bahwa orang dengan intoleransi laktosa dapat minum susu mentah tetapi bukan susu pasteurisasi karena laktase yang ada dalam susu mentah dinonaktifkan selama proses pasteurisasi. Karena tidak ada laktase dalam susu segar, konsep ini hanyalah mitos. Orang dengan intoleransi laktosa memiliki, mereka sendiri, tingkat laktase yang lebih rendah yang menciptakan masalah ketika mencerna laktosa dalam jumlah besar pada waktu yang tepat. Laktase alami yang digunakan untuk mencerna susu biasanya disekresikan oleh usus kecil. Laktase yang ditemukan dalam bakteri asam laktat yang ada akan sedikit membantu mencerna laktosa saat dilepaskan saat susu dicerna di usus kecil.

Kandungan Nutrisi dari Varietas Susu

Bagian ini berisi tabel nilai kandungan gizi pada susu dari sapi (utuh, 2% lemak, 1% lemak, skim), kambing, domba, dan kerbau. Data yang digunakan untuk menyusun tabel ini diperoleh dari Database Nutrisi USDA dan Tabel DRI USDA.

Tabel di bagian ini adalah:

- Tabel-5.1. Kandungan gizi varietas susu menurut penyajian.
- Tabel-5.2. Kandungan nutrisi varietas susu dengan 100 g sajian referensi.
- Tabel-5.3. Persen nilai asupan referensi harian (DRI) untuk vitamin dan mineral yang dipasok oleh penyajian varietas susu.
- Tabel-5.4. Nilai asupan referensi harian (DRI) untuk vitamin dan mineral.

Tabel-3.1. Kandungan gizi varietas susu menurut penyajian; 1 porsi = 1 cangkir (8 oz; 244 g). Disusun dari Database Nutrisi USDA.

Sapi								
Komponen	Satuan	Utuh (3,25% lemak)	Dikurangi Lemak (2% lemak) ¹	Rendah lemak (1% lemak) ¹	Skim ¹	Kambing	Domba	Kerbau
---Jumlah per 8 oz saji (1 cangkir: 244 gr)---								
Komposisi keseluruhan								
Air	gr	215,50	217,97	219,40	222,56	212,35	197,72	203,47
Energi	kcal	146	122	102	83	168	265	237
Karbohidrat ²	gr	11,03	11,42	11,18	12,15	10,86	13,13	12,64
Lemak	gr	7,93	4,81	2,37	0,20	10,10	17,15	16,81
Protein	gr	7,86	8,05	8,22	8,26	8,69	14,65	9,15
Mineral	gr	1,68	1,73	1,83	1,84	2,00	2,35	1,93
Vitamin								
Vitamin A	µg	68	134	142	149	139	108	129
Vitamin B1 (Tiamin)	mg	0,107	0,095	0,049	0,110	0,117	0,159	0,127
Vitamin B2 (Riboflavin)	mg	0,447	0,451	0,451	0,446	0,337	0,70	0,329
Vitamin B3 (Niasin)	mg	0,261	0,224	0,227	0,230	0,676	1,022	0,222
Vitamin B5 (Asam Pantotenat)	mg	0,883	0,869	0,881	0,875	0,756	0,997	0,468
Vitamin B6 (Piridoksin)	mg	0,088	0,093	0,090	0,094	0,112	0,147	0,056
Vitamin B12 (Kobalamin)	µg	1,07	1,12	1,07	1,30	0,17	1,74	0,88
Folat	µg	12	12	12	12	2	17	15
Vitamin C	mg	0,0	0,5	0,0	0,0	3,2	10,3	5,6
Vitamin D	IU	98	105	127	100	29	ND ³	ND
Vitamin E	mg	0,15	0,07	0,02	0,02	0,17	ND	ND
Vitamin K	µg	0,5	0,5	0,2	0,0	0,7	ND	ND
Mineral (abu)								
Besi (Fe)	mg	0,07	0,07	0,07	0,07	0,12	0,25	0,29
Fosfor (P)	mg	222	229	232	247	271	387	285
Kalium (K)	mg	349	366	366	382	498	336	434
Kalsium (Ca)	mg	276	285	290	306	327	473	412
Magnesium (Mg)	mg	24	27	27	27	34	44	76
Mangan (Mn)	mg	0,007	0,007	0,007	0,007	0,044	0,044	0,044
Natrium (Na)	mg	98	100	107	103	122	108	127
Selenium (Se)	µg	9,0	6,1	8,1	7,6	3,4	4,2	ND
Seng (Zn)	mg	0,98	1,05	1,02	1,03	0,73	1,32	0,54
Tembaga (Cu)	mg	0,027	0,029	0,024	0,032	0,112	0,113	0,112
Karbohidrat rinci								
Laktosa ⁴	gr	12,83	12,22	12,69	12,47	ND	ND	ND
Lemak rinci								
Kolesterol	mg	24	20	12	5	27	66	46
Asam lemak jenuh total	gr	4,551	3,067	1,545	0,287	6,507	11,277	11,217
4:0	gr	0,183	0,188	0,059	0,010	0,312	0,500	0,673
6:0	gr	0,183	0,098	0,044	0,000	0,229	0,355	0,373
8:0	gr	0,183	0,049	0,032	0,002	0,234	0,338	0,173
10:0	gr	0,183	0,120	0,066	0,005	0,634	0,980	0,344
12:0	gr	0,188	0,134	0,071	0,002	0,303	0,586	0,407

SUSU & PRODUK OLAHANNYA

13:0	gr	0,000	0,005	ND	ND	ND	ND	ND
14:0	gr	0,725	0,427	0,222	0,020	0,793	1,617	1,715
15:0	gr	0,000	0,049	0,024	ND	ND	ND	ND
16:0	gr	2,023	1,362	0,700	0,061	2,223	3,974	4,878
17:0	gr	0,000	0,027	0,015	ND	ND	ND	ND
18:0	gr	0,891	0,593	0,307	0,022	1,076	2,203	1,664
20:0	gr	0,000	0,010	0,005	ND	ND	ND	ND
Asam lemak, total tak-jenuh tunggal	gr	1,981	1,366	0,676	0,115	2,706	4,224	4,360
14:1	gr	0,000	0,034	0,017	ND	ND	ND	ND
15:1	gr	0,000	0,010	0,005	ND	ND	ND	ND
16:1, tidak ditentukan	gr	0,000	0,066	0,041	0,007	0,200	0,314	0,346
16:1 <i>cis</i>	gr	ND	0,066	0,041	ND	ND	ND	ND
17:1	gr	0,000	0,012	0,005	ND	ND	ND	ND
18:1, tidak ditentukan	gr	1,981	1,237	0,610	0,044	2,384	3,817	3,821
18:1 <i>cis</i>	gr	ND	1,049	0,520	ND	ND	ND	ND
18:1 <i>trans</i>	gr	ND	0,190	0,090	ND	ND	ND	ND
Asam lemak, total tak-jenuh ganda	gr	0,476	0,178	0,085	0,017	0,364	0,755	0,356
18:2, tak ditentukan	gr	0,293	0,151	0,073	0,005	0,266	0,443	0,171
18:2o-6, <i>cis, cis</i>	gr	ND	0,134	0,066	ND	ND	ND	ND
18:2 i	gr	ND	0,017	0,007	ND	ND	ND	ND
18:3, tidak ditentukan	gr	0,183	0,020	0,010	0,002	0,098	0,311	0,185
18:3o-3, <i>cis, cis, cis</i>	gr	ND	0,020	0,010	ND	ND	ND	ND
Protein, rinci								
Alanin	gr	0,251	0,271	0,259	0,245	0,288	0,659	0,322
Arginin	gr	0,183	0,261	0,234	0,176	0,290	0,485	0,278
Asam aspartat	gr	0,578	0,730	0,759	0,595	0,512	0,804	0,754
Asam glutamat	gr	1,581	1,901	1,908	1,649	1,527	2,497	1,164
Fenil alanin	gr	0,359	0,395	0,407	0,355	0,378	0,696	0,395
Glisin	gr	0,183	0,149	0,154	0,123	0,122	0,100	0,195
Histidin	gr	0,183	0,178	0,205	0,184	0,217	0,409	0,190
Isoleusin	gr	0,403	0,447	0,456	0,367	0,505	0,828	0,495
Leusin	gr	0,647	0,808	0,915	0,801	0,766	1,438	0,893
Lisin	gr	0,342	0,569	0,700	0,617	0,708	1,257	0,683
Metionin	gr	0,183	0,203	0,203	0,152	0,195	0,380	0,237
Prolin	gr	0,834	0,898	0,876	0,840	0,898	1,421	0,888
Serin	gr	0,261	ND	0,508	0,412	0,442	1,205	0,554
Sistin	gr	0,041	0,261	0,283	0,310	0,112	0,086	0,117
Tirosin	gr	0,371	0,373	0,346	0,363	0,437	0,688	0,447
Treonin	gr	0,349	0,251	0,217	0,201	0,398	0,657	0,444
Triptofan	gr	0,183	0,098	0,098	0,098	0,107	0,206	0,129
Valin	gr	0,468	0,532	0,529	0,441	0,586	1,098	0,534

¹Vitamin A yang ditambahkan.

²Karbohidrat ditentukan dengan cara berbeda.

³ND = tidak ditentukan (Not Determined).

⁴Laktosa ditentukan melalui analisis.

Tabel-3.2. Kandungan zat gizi varietas susu dengan jumlah referensi 100 gr. Disusun dari Data Nutrisi USDA.

Komponen	Satuan	Utuh (3,25% lemak)	Dikurangi Lemak (2% lemak) ¹	Rendah lemak (1% lemak) ¹	Skim ¹	Kambing	Domba	Kerbau
---Jumlah per 100 gr---								
Kemposisi keseluruhan								
Air	gr	88,32	89,33	89,92	90,84	87,03	80,70	83,39
Energi	kcal	60	50	42	34	69	108	97
Karbohidrat ²	gr	4,52	4,68	4,99	4,96	4,45	4,36	5,18
Lemak	gr	3,25	1,97	0,97	0,08	4,14	7,00	6,89
Protein	gr	3,22	3,30	3,37	3,37	3,56	5,98	3,75
Mineral (abu)	gr	0,69	0,71	0,75	0,75	0,82	0,96	0,79
Vitamin								
Vitamin A	µg	28	55	58	61	57	44	53
Vitamin B1 (Tiamin)	mg	0,044	0,039	0,020	0,045	0,048	0,065	0,052
Vitamin B2 (Riboflavin)	mg	0,183	0,185	0,185	0,182	0,138	0,355	0,135
Vitamin B3 (Niasin)	mg	0,107	0,092	0,093	0,094	0,277	0,417	0,091
Vitamin B5 (Asam pantotenat)	mg	0,362	0,356	0,361	0,357	0,310	0,407	0,192
Vitamin B6 (Piridoksin)	mg	0,036	0,038	0,037	0,037	0,046	0,060	0,023
Vitamin B12 (Kobalamin)	µg	0,44	0,46	0,44	0,53	0,07	0,71	0,36
Folat	µg	5	5	5	5	1	7	6
Vitamin C	mg	0,0	0,2	0,0	0,0	1,3	4,2	2,3
Vitamin D	IU	40	43	52	41	12	ND ³	ND
Vitamin E	mg	0,06	0,03	0,01	0,01	0,07	ND	ND
Vitamin K	µg	0,2	0,2	0,1	0,0	0,3	ND	ND
Mineral (abu)								
Besi (Fe)	mg	0,03	0,03	0,03	0,03	0,05	0,10	0,12
Fosfor (P)	mg	91	94	95	101	111	158	117
Kalium (K)	mg	143	150	150	156	204	137	178
Kalsium (Ca)	mg	113	117	119	125	134	193	169
Magnesium (Mg)	mg	10	11	11	11	14	18	31
Mangan (Mn)	mg	0,003	0,003	0,003	0,003	0,018	0,018	0,018
Natrium (Na)	mg	40	41	44	42	50	44	52
Selenium (Se)	µg	3,7	2,5	3,3	3,1	1,4	1,7	ND
Seng (Zn)	mg	0,40	0,43	0,42	0,42	0,30	0,54	0,22
Karbohidrat, rinci								
Laktosa ⁴	gr	5,26	5,01	5,20	5,09	ND	ND	ND
Lemak, rinci								
Kolesterol	mg	10	8	5	2	11	27	19
Asam lemak, jenuh total	gr	1,865	1,257	0,633	0,117	2,677	4,603	4,597
4:0	gr	0,075	0,077	0,024	0,004	0,128	0,204	0,276
6:0	gr	0,075	0,040	0,018	0,000	0,094	0,145	0,153
8:0	gr	0,075	0,020	0,013	0,001	0,096	0,138	0,071

10:0	gr	0,075	0,049	0,027	0,002	0,260	0,400	0,141
12:0	gr	0,077	0,055	0,029	0,001	0,124	0,239	0,167
13:0	gr	0,000	0,002	ND	ND	ND	ND	ND
14:0	gr	0,297	0,175	0,091	0,008	0,325	0,660	0,703
15:0	gr	0,000	0,020	0,010	ND	ND	ND	ND
16:0	gr	0,829	0,580	0,287	0,025	0,911	1,622	1,999
17:0	gr	0,000	0,011	0,006	ND	ND	ND	ND
18:0	gr	0,365	0,243	0,126	0,009	0,441	0,899	0,682
20:0	gr	0,000	0,004	0,002	ND	ND	ND	ND
Asam lemak, total tak-jenuh tunggal	gr	0,812	0,560	0,277	0,047	1,109	1,724	1,787
14:1	gr	0,000	0,014	0,007	ND	ND	ND	ND
15:1	gr	ND	0,004	0,002	ND	ND	ND	ND
16:1, tidak ditentukan	gr	0,000	0,027	0,017	0,003	0,082	0,128	0,142
16:1 <i>cis</i>	gr	ND	0,027	0,017	ND	ND	ND	ND
17:1	gr	ND	0,005	0,002	ND	ND	ND	ND
18:1, tidak ditentukan	gr	0,812	0,507	0,250	0,018	0,977	1,558	1,566
18:1 <i>cis</i>	gr	ND	0,430	0,213	ND	ND	ND	ND
18:1 <i>trans</i>	gr	ND	0,078	0,037	ND	ND	ND	ND
Asam lemak, total tak-jenuh ganda	gr	0,195	0,073	0,035	0,007	0,149	0,308	0,146
18:2, tidak ditentukan	gr	0,120	0,065	0,030	0,002	0,109	0,181	0,070
18:2o-6, <i>cis, cis</i>	gr	ND	0,055	0,027	ND	ND	ND	ND
18:2 i	gr	ND	0,007	0,003	ND	ND	ND	ND
18:3, tidak ditentukan	gr	0,075	0,008	0,004	0,001	0,040	0,127	0,076
18:3o-3, <i>cis, cis, cis</i>	gr	ND	0,008	0,004	ND	ND	ND	ND
Protein, rinci								
Alanin	gr	0,103	0,111	0,106	0,100	0,188	0,269	0,132
Arginin	gr	0,075	0,107	0,096	0,072	0,119	0,198	0,114
Asam aspartat	gr	0,237	0,299	0,311	0,243	0,210	0,328	0,309
Asam glutamat	gr	0,648	0,779	0,782	0,673	0,626	1,019	0,477
Fenil alanin	gr	0,147	0,162	0,167	0,145	0,155	0,284	0,162
Glisin	gr	0,075	0,061	0,063	0,050	0,050	0,041	0,080
Histidin	gr	0,075	0,073	0,084	0,075	0,089	0,167	0,078
Isoleusin	gr	0,165	0,183	0,187	0,150	0,207	0,338	0,203
Leusin	gr	0,265	0,331	0,375	0,327	0,314	0,587	0,366
Lisin	gr	0,140	0,233	0,287	0,252	0,290	0,513	0,280
Metionin	gr	0,075	0,083	0,083	0,062	0,080	0,155	0,097
Prolin	gr	0,342	0,368	0,359	0,343	0,368	0,580	0,364
Serin	gr	0,107	ND	0,208	0,168	0,181	0,492	0,227
Tirosin	gr	0,152	0,153	0,142	0,148	0,179	0,281	0,183
Treonin	gr	0,143	0,103	0,089	0,082	0,163	0,268	0,182
Triptofan	gr	0,075	0,040	0,040	0,040	0,044	0,084	0,053
Valin	gr	0,193	0,218	0,217	0,180	0,240	0,448	0,219

¹Vitamin A ditambahkan.

²Karbohidrat ditentukan dengan cara berbeda.

³ND = Not determined (tidak ditentukan).

⁴Laktosa ditentukan melalui analisis.

Tabel-3.3. Persen nilai asupan referensi harian (DRI) untuk vitamin dan mineral yang dipasok oleh penyajian varietas susu; 1 porsi = 1 cangkir (8 oz; 244 g). Perhitungan didasarkan pada Database Nutrisi USDA dan persyaratan DRI untuk pria dewasa.

Sapi							
Komponen	Utuh (3,25% lemak)	Dikurangi Lemak (2% lemak) ¹	Rendah lemak (1% lemak) ¹	Skim ¹	Kambing	Domba	Kerbau
---% DRI untuk Pria Dewasa per porsi 8 oz (1 cangkir; 244 gr) ---							
Vitamin							
Vitamin A	7,6	14,9	15,8	16,6	15,4	12,0	14,3
Vitamin B1 (Tiamin)	8,9	7,9	4,1	9,2	9,8	13,3	10,6
Vitamin B2 (Riboflavin)	34,4	34,7	34,7	34,4	25,9	66,9	25,3
Vitamin B3 (Niasin)	1,6	1,4	1,4	1,4	4,2	6,4	1,4
Vitamin B5 (Asam pantotemat)	17,7	17,4	17,6	17,5	15,1	19,9	9,4
Vitamin B6 (Piridoksin)	6,8	7,2	6,9	7,2	8,6	11,3	4,3
Vitamin B12 (Kobalamin)	44,6	46,7	44,6	54,2	7,1	72,5	36,7
Folat	3,0	3,0	3,0	3,0	0,5	4,3	3,8
Vitamin C	0,0	0,6	0,0	0,0	3,6	11,4	6,2
Vitamin D ²	49,5	52,5	63,5	50,0	14,5	ND ³	ND
Vitamin E	1,0	0,5	0,1	0,1	1,1	ND	ND
Vitamin K	0,4	0,4	0,2	0,0	0,6	ND	ND
Mineral (abu)							
Besi (Fe)	0,9	0,9	0,9	0,9	1,5	3,1	3,6
Fosfor (P)	31,7	32,7	33,1	35,3	38,7	55,3	40,7
Kalium (K) ⁵	7,4	7,8	7,8	8,1	10,6	7,1	9,2
Kalsium (Ca)	27,6	28,5	29,0	30,6	32,7	47,3	41,2
Magnesium (Mg)	6,0	6,8	6,8	6,8	8,5	11,0	19,0
Mangan (Mn)	0,3	0,3	0,3	0,3	1,9	1,9	1,9
Natrium (Na) ⁵	6,5	6,7	7,1	6,9	8,1	7,2	8,5
Selenium (Se)	16,4	11,1	14,7	13,8	6,2	7,6	ND
Seng (Zn)	8,9	9,5	9,3	9,4	6,6	12,0	4,9
Tembaga (Cu) ⁴	3,0	3,2	2,7	3,6	12,4	12,6	12,4

¹Vitamin A ditambahkan.

²Vitamin D nilai untuk susu diberikan dalam IU dan DRI diberikan dalam µg, konversi adalah 40 IU Vitamin D = 1 µg.

³ND = Not determined (tidak ditentukan).

⁴Tembaga nilai untuk susu diberikan dalam mg dan DRI diberikan dalam µg, konversi adalah 1 mg = 1000 µg.

⁵Kalium dan natrium nilai untuk susu diberikan dalam mg dan DRI diberikan dalam gr, konversi adalah 1 gr = 1000 mg.